Modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, 2023 - 2025

TESIS DOCTORAL

que, para obtener el Grado de Ph.D.

DOCTOR EN DIRECCION DE PROYECTOS

PRESENTA

Jorge Marcelo Moya Andrade

ASESOR

Julio Cesar Osorio Mendoza

México, (2025)

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Moya Andrade, Jorge Marcelo (2025). Modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, 2023 - 2025, [Tesis de Doctorado de la Universidad de Investigación e Innovación de México – UIIX]

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría y mención de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.

No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

Resumen.

La gestión de proyectos de desarrollo de software bajo el marco de trabajo Scrum depende de métricas operativas aisladas, con una focalización en la velocidad de entrega, la propuesta es incluir una medida sintética, consistente y comparable que permita estimar el avance por Sprint integrando dos dimensiones: rendimiento (entrega) e integración del equipo (dinámica interna que habilita o limita el desempeño), esta investigación logra unir una medida de avance mediante el diseño y validación de un Índice Sintético (IS) que integra de manera sistémica las dimensiones de rendimiento técnico e integración social, proporcionando una herramienta de medición robusta mediante un "Modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, 2023 - 2025", la base de esta contribución científica reside en la aplicación de la Distancia DP_2 de Ivanovic, una metodología matemática que supera las limitaciones de los promedios simples y los análisis de componentes principales al eliminar la redundancia de datos y asignar pesos de importancia de forma endógena, lo cual permite revisar la hipótesis que dicho modelo genera una medida válida para establecer el avance por cada Sprint para lo cual se determinó la existencia de seis indicadores generales que permitan establecer información en los dos componentes establecidos para mediante análisis estadísticos determinar la validez de la información recibida determinando que el avance en rendimiento está directamente ligado al desempeño operativo, sin embargo que el componente de integración estabiliza el avance y permite mantenerlo en forma consistente y sostenible en el tiempo cuando se tiene valores altos en Integración en el equipo como son factores de integración, colaboración, comunicación y retroalimentación, mejorando la sostenibilidad, predictibilidad y mejora continua.

Palabras claves: *Scrum, Índice Sintético, Rendimiento, Integración.*

Abstract.

Project management in software development under the Scrum framework depends on isolated operational metrics, with a focus on delivery speed, the proposal is to include a synthetic, consistent and comparable measure that allows estimating progress per Sprint by integrating two dimensions: performance (delivery) and team integration (internal dynamics that enable or limit performance), this research manages to unite a measure of progress through the design and validation of a Synthetic Index (SI) that systemically integrates the dimensions of technical performance and social integration, providing a robust measurement tool through a "Synthetic index model to contribute to the measurement of the level of progress in agile projects with the Scrum framework in performance and integration for software development teams in Quito, Ecuador, 2023 - 2025", the basis of this scientific contribution lies in the application of Ivanovic's DP2 Distance, a mathematical methodology that overcomes the limitations of simple averages and principal component analysis by eliminating data redundancy and assigning importance weights endogenously, which makes it possible to examine the hypothesis that said model generates a valid measure to establish progress in each Sprint for which the existence of six general indicators was determined that allow establishing information in the two established components in order, through statistical analyses, to determine the validity of the information received, determining that progress in performance is directly linked to operational performance, however that the integration component stabilizes progress and allows it to be maintained consistently and sustainably over time when there are high values in team Integration such as integration factors, collaboration, communication and feedback, improving sustainability, predictability and continuous improvement.

Keywords*: Scrum, Synthetic Index, Performance, Integration.*

Agradecimientos.

En un margen muy pequeño de claridad mental, dentro de lo imaginable y deseable agradezco a Dios por la vida que me está haciendo vivir, la ilusión y la felicidad de tener a mis hijas conmigo además de tranquilizarme y esperanzarme, me devuelve la fe para levantarme cada día y enfrentar los retos que aunque parezca que los escojo, son colocados por este ser omnipotente que marca mi destino y cual pastor señala mi camino, sin ser la excepción, el culminar los trabajos de esta investigación, solo es el refuerzo de una larga lista de acontecimientos que me recuerda la inmensidad de su luz, en este sentido agradezco a la virgen, quien desde niño me hizo sentir su compañía y nunca me dejo dudar de la palabra de Dios. En un plano más mundano, pero de mucha importancia, agradezco a mi familia por siempre estar conmigo, aunque no siempre logre comunicarles, su presencia estabiliza mi vida y me permite seguir adelante. A mi esposa a quien elegí y amé desde mi adolescencia, a mi hija mayor que me demostró que mis errores deben ser corregidos, a mi hija menor, quien me sorprende todos los días con su determinación, a mi Madre que desde siempre me muestra la ternura y el calor del su amor y a mis hermanos quienes considero son mis únicos amigos.

Dedicatorias.

Dedico esta investigación a mi padre, un hombre de carácter fuerte pero apacible al mismo tiempo con su familia, que siempre tuvo palabras de aliento, muestras de amor y enseñanzas que logré comprender con el transcurso del tiempo. No imagino todo el bien que me hubiera hecho si hubiese logrado asimilar su sabiduría en la misma medida en que me la explicaba.

Para ti, que estás en el cielo, que seguramente me verás y me pedirás que siga adelante y que fije un nuevo objetivo, te dedico este trabajo, esperando que sea de tu agrado. Y aunque en esta ocasión no estarás para la foto, sé que estarás presente.

"Cholito", para ti, con todo mi amor.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 18

1 Capítulo 1. Proyección de la Investigación.....21

1.1 Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.....22

1.2 Planteamiento del problema. 25

1.3 Formulación del problema (Pregunta de investigación).....26

1.4 Justificación. 26

1.4.1 Justificación Teórica.....26

1.4.2 Justificación Metodológica 26

1.4.3 Justificación Social.....27

1.4.4 Justificación Personal.....28

1.4.5 Justificación Práctica.....29

1.5 Objeto de estudio. 30

1.6 Campo de acción. 30

1.7 Objetivos.....31

1.7.1 Objetivo General. 31

1.7.2 Objetivos específicos.....31

1.8 Hipótesis. 31

1.8.1 Hipótesis de investigación (H1) 31

1.8.2 Hipótesis Nula(H0) 32

1.9 Alcance temático. 32

1.10 Delimitación Espacial y Temporal. 33

2 CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales. 34

2.1 Estado del arte (Marco Histórico y Actual). 35

2.1.1 Internacionales 35

2.1.2 Nacionales. 40

2.1.3 Locales 41

2.2 Marco Teórico. 42

2.2.1 Desarrollo de software 42

2.2.2 Gestión de Proyectos 45

2.2.3 Proyectos Agiles 46

2.2.4 Principales Metodologías y marcos de trabajo en Gestión de Proyectos 48

2.2.4.1 Project Manager Institute PMI 49

2.2.4.2 ISO 21500:2021 49

2.2.4.3 Marco Lógico MML 50

2.2.4.4 Projects in Controlled Environment PRINCE 2 51

2.2.4.5 Scrum 52

2.2.5 Valor ganado 53

2.2.6 Indicadores e Índice Sintético 54

2.2.6.1 Diseño y Construcción de indicadores 57

2.2.6.2 Índice Sintético 61

2.3 Marco Conceptual 68

2.3.1 Generalidades. 68

2.3.2 Definición de conceptos. 68

2.3.2.1 Desarrollo de software. 68
2.3.2.2 Gestión de Proyectos 70
2.3.2.3 Proyectos Agiles. 72
2.3.2.4 Metodologías y marcos de trabajo en Gestión de proyectos 73
2.3.2.5 Indicadores e Índice Sintético. 81

2.4 Marco Contextual. 86

2.4.1 Generalidades. 86

2.4.2 Desarrollo de software 89

2.5 Marco Legal y Normativo. 93

2.5.1 Licenciamiento y uso de Scrum como marco de referencia 93

2.5.2 Marco constitucional aplicable en Ecuador orientado a la protección de derechos intelectuales 94

2.5.2.1 Protección de datos personales (Ecuador): fundamento constitucional, ley y reglamento 98

2.5.3 Estándares internacionales aplicables a medición y gestión. 99

3 Capítulo 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación. 101

3.1 Cuadro Operacionalización de variables. 101

3.2 Diseño metodológico. 105

3.2.1 Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis. 106

3.2.2 Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos. 107

3.2.2.1 Métodos de Nivel Teórico 108
3.2.2.2 Métodos de Nivel Empírico 108
3.2.2.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección 109
3.2.2.4 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos 109
3.2.2.5 Avance en proyectos ágiles de desarrollo de software con Scrum 111

3.2.2.6 Integración de los equipos de desarrollo de Software 118
3.2.2.7 Cuadro General de Indicadores 127
3.2.2.8 Indicadores eliminados 128
3.2.2.9 Índice sintético 130
3.2.2.10 Índice sintético basado en D**P2** 130
3.2.2.11 Teoría de construcción del índice sintético 132
3.2.2.12 Componentes 136
3.2.2.13 Preparación de Datos 137
3.2.2.14 Datos de Indicadores 141
3.2.2.15 Estandarización de Volatilidad (Término de Contribución) 143
3.2.2.16 Calcular DP2 por bloque (Rendimiento e Integración). 145
3.2.2.17 Calcular DP2 Global (W^G)y derivar pesos de bloque (x,y) 149
3.2.2.18 Definir pesos $\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}$ 151
3.2.2.19 Cálculo del índice 153
3.2.2.20 Clasificación y tipificación de variables 154

3.2.3 Desarrollo de los instrumentos de obtención de datos 154

3.2.3.1 Indicadores de Rendimiento (Datos Objetivos) 155
3.2.3.2 Indicadores de Percepción de Integración (Datos Subjetivos) 156
3.2.3.3 Instrumento para el Constructo "Avance en Rendimiento" 156
3.2.3.4 Instrumento para el Constructo "Integración del Equipo de Desarrollo" 158
3.2.3.5 Formularios para el Componente de Integración de los equipos 160
3.2.3.6 Formulario para el Componente de Rendimiento. 164

3.2.4 Determinación de la muestra y su criterio de selección. 166

3.3 Trabajo de campo 167

3.3.1 Aplicación de los instrumentos. 169

3.3.2 Procesamiento de la información. 171

3.4 Análisis de los resultados en los datos obtenidos. 189

3.4.1 Análisis Preliminar y Control de Calidad de Datos 191

3.4.2 Cálculo de Pesos y redundancia por Bloque y Global (DP2) 193

3.4.3 Análisis del Índice Sintético 194

3.5 Redacción de resultados y discusión. 198

3.5.1 Tendencias y Regularidades Manifiestas 198

3.5.1.1 La primacía de la Integración sobre el Rendimiento 198

3.5.1.2 El "Efecto Convergencia" al Cierre del Sprint 198

3.5.1.3 Consistencia Psicométrica de los Constructos Ágiles 199

3.5.1.4 Discusión y Contrastación Teórica 199

3.5.2 Comprobación estadística de la hipótesis (validez del índice sintético) 200

4 Capítulo 4: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN 206

4.1 Fundamentación de la propuesta de transformación. 206

4.2 Estructura de la propuesta de transformación.....213

4.2.1 Transformación: de la medición dispersa a una medida sintética operable .214

4.2.2 Evidencia empírica y resultados ilustrativos 218

4.2.2.1 Control de calidad (día N y cierre).....218

4.2.2.2 Distribución e interpretación del Índice Sintético (IS). 219

4.2.2.3 Reglas de uso y criterios de transformación.....224

4.3 Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación. 224

5 CONCLUSIONES 233

6 RECOMENDACIONES.....236

7 BIBLIOGRAFÍA 240

8 ANEXOS 248

8.1 Anexo A: Formulario de efectividad en la comunicación. 248

8.2 Anexo B: Formulario de retroalimentación del Equipo 249

8.3 Anexo C: Formulario de satisfacción del Equipo.....250

8.4 Anexo D: Formulario de Colaboración del Equipo.....251

8.5 Anexo E: Formulario de Capacidad Individual 252

8.6 Anexo F: Formulario de Puntos Realizados. 253

8.7 Anexo G: NDA 254

8.8 Anexo H: Tabla de Sprints por Equipo. 258

8.9 Anexo I: Capacidad de cada equipo por Sprint. 261

8.10 Anexo J: Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint.....264

8.11 Anexo K: Código Python para la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N. 267

8.12 Anexo L: Reporte de Validación SPSS la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N. 270

8.13 Anexo M: Código Python para la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N. 271

8.14 Anexo N: Reporte de Validación SPSS la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Cierre.....274

8.15 Anexo O: Código en Python para generar mapa de calor y Dispersión IR vs II al cierre al Cierre. 276

8.16 Anexo P: Validación de instrumentos de recolección de Datos 279

Índice de figuras.

Figura 1. Gráfico de ventas de empresas desarrolladoras de software.....87

Figura 2. Cálculo de la desviación estándar para el Día N 178

Figura 3. Cálculo de la desviación estándar para el Cierre 178

Figura 4. Cálculo del coeficiente de determinación en SPSS para el día N.....181

Figura 5. Cálculo del coeficiente de determinación en SPSS para el día de cierre.....181

Figura 6. Histograma del Índice Sintético al Cierre.....195

Figura 7. Dispersión del Índice Sintético al Cierre 197

Figura 8. Mapa de Calor del Índice Sintético por Equipo en cada Sprint al Cierre.....197

Figura 9. Validación de la prueba Student 203

Figura 10. Prueba de normalidad 203

Figura 11. Prueba de Robustes, rangos con signo de Wilcoxon 204

Figura 12. Histograma del Índice Sintético al Día N 219

Figura 13. Comparación del IS: día N vs cierre.....220

Figura 14. Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint).....221

Figura 15. Dispersión IR vs II al cierre.....222

Figura 16. Vista del Formulario de Efectividad en la comunicación.....248

Figura 17. Vista del Formulario de Retroalimentación del Equipo. 249

Figura 18. Vista del Formulario de Satisfacción del Equipo. 250

Figura 19. Vista del Formulario de Colaboración del Equipo. 251

Figura 20. Vista del Formulario de Capacidad Individual. 252

Figura 21. Vista del Formulario de Puntos Realizados. 253

Figura L.1 Salidas de SPSS correspondientes a las pruebas de adecuación muestral (KMO y Bartlett) al Día N 270

Figura L.2 Salidas de SPSS correspondientes a la Matriz de correlaciones y la inversión al Día N 270

Figura L.3 Salidas de SPSS para el análisis de fiabilidad (Alfa de Cronbach) 271

Figura N.1 Salidas de SPSS correspondientes a las pruebas de adecuación muestral (KMO y Bartlett) al Cierre 274

Figura N.2 Salidas de SPSS correspondientes a la Matriz de correlaciones y la inversión al Cierre 275

Figura N.3 Salidas de SPSS para el análisis de fiabilidad (Alfa de Cronbach) 275

Figura P.1 Validación del Formulario de efectividad en la comunicación Dr. Pinargorte MATRIZ 1 279

Figura P.2 Validación del Formulario de Retroalimentación del equipo del Dr. Pinargorte MATRIZ 2 280

Figura P.3 Validación del Formulario de satisfacción del equipo del Dr. Pinargorte MATRIZ 3 281

Figura P.4 Validación del Formulario de colaboración del equipo del Dr. Pinargorte MATRIZ 4 282

Figura P.5 Validación del Formulario de capacidad individual de puntos del Dr. Pinargorte MATRIZ 5 283

Figura P.6 Validación del Formulario de puntos realizados del Dr. Pinargorte MATRIZ 6 283

Figura P.7 Validación Instrumento Dr. Peña Matriz 1 284

Figura P.8 Validación del Formulario de Retroalimentación del equipo del Dr. Peña MATRIZ 2..... 285

Figura P.9 Validación del Formulario de satisfacción del equipo del Dr. Peña MATRIZ 3 286

Figura P.11 Validación del Formulario de capacidad individual de puntos del Dr. Peña MATRIZ 5..... 288

Índice de gráficas.

Gráfico 1 *Comparación de Índice Sintético en diferentes momentos* 222

Gráfico 2 *Índice Sintético al Cierre y al Día N por Sprints*..... 223

Gráfico 3 *Comparación del Componente de Rendimiento frente al Índice* 223

Índice de tablas.

Tabla 1. Principales indicadores económicos financieros 55

Tabla 2. Escala de valoración para creación de indicadores 59

Tabla 3. Principales Modelos de Madurez de Gestión de Proyectos 71

Tabla 4. Tabla Resumida de Cálculos de Valor Ganado 76

Tabla 5. Operacionalización de Variables Matriz de Consistencia. 102

Tabla 6. Estados y ponderaciones en elementos de trabajo pendiente de un Sprint 112

Tabla 7. Interpretación Cuantitativa del Indicador de Velocidad (Dian N o Final) 113

Tabla 8. Datos de Ejemplo para un Sprint para cálculo de IAP e IARS 113

Tabla 9. Interpretación Cuantitativa del Indicador de Velocidad por capacidad de puntos (Temporal o Final) 115

Tabla 10. Ejemplo de cálculo diario del Indicador VCP por día 117

Tabla 11. Escala de Interpretación Cualitativa Índice de Satisfacción 121

Tabla 12. Escala de Interpretación Cuantitativa del Indicador de Retroalimentación . 123

Tabla 13. Escala de Interpretación Cualitativa del Índice de Efectividad en la comunicación en el Sprint 125

Tabla 14. Escala de Interpretación Cualitativa del Índice de Colaboración 127

Tabla 15. Cuadro General de Indicadores de Gestión 127

Tabla 16. Indicadores analizados y no tomados en cuenta para el índice sintético 128

Tabla 17. Valores del Índice Sintético 130

Tabla 18. Clasificación y tipificación de variables 154

Tabla 19. Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint 170

Tabla 20. Matriz de Correlaciones al día N (Control_Calidad_DP2_DiaN)..... 173

Tabla 21. Medidas de control de calidad de los indicadores Generales al día N 174

Tabla 22. Indicadores de multicolinealidad (VIF y Tolerancia) de los seis indicadores Generales del modelo al día N 174

Tabla 23. Desviación estándar (σ) de los seis indicadores del modelo al día N 175

Tabla 24. Medidas de control de calidad de los indicadores Generales del modelo al Cierre (Control Calidad DP2 al cierre)..... 176

Tabla 25. Indicadores de multicolinealidad (VIF y Tolerancia) de los seis indicadores Generales del modelo al Cierre 176

Tabla 26. Indicadores de multicolinealidad (VIF y Tolerancia) de los seis indicadores Generales del modelo al Día N..... 177

Tabla 27. Desviación estándar (σ) de los seis indicadores del modelo al día Cierre ... 179

Tabla 28. Cálculo de la desviación estándar (Sigma) para el día N..... 180

Tabla 29. Valores del Cálculo del coeficiente de determinación para el bloque de integración para el día de cierre 182

Tabla 30. Valores del Cálculo del coeficiente de determinación para el bloque de integración para el día N 182

Tabla 31. Cálculo del Peso del Bloque de Rendimiento para el día N..... 182

Tabla 32. Cálculo del Peso del Bloque de Integración para el día N 182

Tabla 33. Cálculo del Peso del Bloque de Rendimiento para el cierre 183

Tabla 34. Cálculo del Peso del Bloque de Integración para el cierre 183

Tabla 35. Coeficiente de Determinación Global al día N 184

Tabla 36. Coeficiente de Determinación Global para el Cierre 184

Tabla 37. Calculo Global del peso (w - omega) para cada indicador al Cierre..... 184

Tabla 38. Calculo Global del peso (w - omega) para cada indicador al Día N. 185

Tabla 39. Pesos por Bloque para el Día N 185

Tabla 40. Pesos por Bloque para el Cierre 186

Tabla 41. Índice Sintético de los equipos por Sprint..... 186

Tabla 42. Pruebas de Adecuación Muestral y Consistencia de Constructos..... 191

Tabla 43. Análisis de Multicolinealidad VIF en indicadores generales..... 193

Tabla 44. Tabla de Sprints por equipo 258

Tabla 45. Capacidad de cada equipo por Sprint..... 261

Tabla 46. Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint 264

INTRODUCCIÓN

En la última década, la transformación digital ha intensificado la presión sobre las organizaciones para medir y gestionar, con evidencia objetiva, el desempeño de los equipos de desarrollo de software, en este escenario, las metodologías ágiles, particularmente el marco de trabajo SCRUM, siendo de referencia obligatoria el uso de la guía actual de Scrum(Schwaber & Sutherland, 2020), junto con el uso de tableros de control e indicadores clave de desempeño (KPI) (Oyola, 2013), se han consolidado como prácticas de referencia para acelerar entregas, elevar la satisfacción del cliente y asegurar la calidad del producto, sin embargo, la proliferación de métricas a menudo genera una fragmentación de datos que dificulta la toma de decisiones estratégicas en el área de Tecnología de la Información (TI).Proyectos de desarrollo han integrado SCRUM con enfoques de mejora continua (LEAN) y Balanced Scorecard produciendo mejoras medibles en throughput, lead time y calidad, subrayando la relevancia en la necesidad de marcos de medición rigurosos que orienten la toma de decisiones en TI(Arias & Alvear, 2022).

Esta investigación se inscribe en la línea de “Gestión de Proyectos de TI y mejora del desempeño organizacional” y propone, de lo general a lo particular, el diseño y validación de un índice sintético de desempeño ágil para equipos SCRUM., así la apuesta por un índice sintético responde a dos vacíos: (i) la dispersión de métricas operativas (lead time, throughput, defectos, satisfacción, etc.) que dificulta la interpretación global del desempeño y (ii) la ausencia de un constructo empírico, transparente y replicable que agregue información multidimensional en una medida única, interpretable y útil para la gestión. La literatura reciente demuestra el valor de los índices sintéticos como instrumentos de gestión pública y sectorial, construidos mediante técnicas multivariantes como el análisis factorial, son capaces de condensar información compleja y guiar decisiones estratégicas, según Álvarez Fernández (2025), los índices sintéticos permiten sintetizar información compleja y proporcionar una visión integral de sectores o fenómenos específicos, este enfoque es trasladado aquí al ámbito de proyectos ágiles, en este sentido, el estudio propone, transitando de lo general a lo particular, el diseño y validación de un **Índice Sintético** para contribuir a la medición del nivel de avance en dos aristas como son el rendimiento y la integración, como base del supuesto que son los pilares de reales avances en praxis para equipos SCRUM, la apuesta por un índice de esta naturaleza responde a la necesidad de resolver la

dispersión de métricas operativas (como *lead time, throughput* o defectos) y la ausencia de un constructo empírico único que agregue información multidimensional de forma transparente y replicable.

Para fundamentar esta propuesta, se han identificado antecedentes relevantes en los últimos cinco años, que nutren el problema desde dos vertientes: (a) estudios aplicados que documentan mejoras al implementar métricas ágiles con mejoras en satisfacción del cliente y reducción del tiempo de entrega(Arias & Alvear, 2022), lo que confirma el potencial de un sistema de indicadores alineado a la estrategia, pero también evidencia heterogeneidad y fragmentación en la selección de KPI. (b) trabajos recientes sobre índices sintéticos como herramienta de gestión a partir de la integración de múltiples variables mediante análisis factorial, ofrecen una lectura sintética y accionable para la planificación, la priorización y la evaluación de resultados en sectores complejos, con lo cual, por analogía metodológica, justifican su adopción en el dominio del desempeño ágil.

De esta revisión se deriva la situación problemática: las organizaciones ágiles disponen de múltiples métricas operativas, pero carecen de un constructo integrador que resuma, con validez estadística y utilidad directiva, el estado del desempeño del equipo en avance del proyecto e integración del equipo, por lo cual se produce una brecha, una contradicción entre las expectativas de gestión basada en datos y la realidad de tableros fragmentados que dificultan decisiones coherentes de priorización, mejora continua y rendición de cuentas. La proyección de la investigación consiste, por tanto, en formular una respuesta tentativa: un índice sintético de desempeño ágil, construido con criterios de calidad de medición y técnicas de agregación multivariante, que permita monitorear, comparar y explicar la evolución del desempeño a nivel de equipo y de portafolio.

Como respuesta a esta problemática, la investigación desarrolla tres aportes principales: (1) un marco conceptual de indicadores de desempeño e integración, (2) una metodología reproducible para la construcción del índice (incluyendo normalización, ponderación vía Distancia P2 y agregación) y (3) la validación del instrumento en casos reales dentro del contexto de equipos de desarrollo en Quito, Ecuador.

Finalmente, para facilitar la comprensión de la investigación, se ha organizado con la siguiente estructura capitular:

- **Capítulo 1. Proyección de la Investigación:** Presenta la fundamentación del problema, la pregunta de investigación, los objetivos (general y específicos), las hipótesis de trabajo y la justificación teórica, metodológica y práctica que da sentido al estudio.

- **Capítulo 2. Fundamentos Teóricos Referenciales:** Expone el estado del arte con referentes nacionales e internacionales, así como el marco teórico, conceptual y contextual. Se abordan temas críticos como la gestión de proyectos bajo estándares de PMI(*Reframing Project Success | PMI Blog*, 2024) e ISO, el marco Scrum(Schwaber & Sutherland, 2020) y la teoría estadística para la construcción de indicadores e índices sintéticos(M. D. Serrano et al., 2011).

- **Capítulo 3. Fundamentos Metodológicos y Resultados de Investigación:** Detalla la operatividad de las variables y el diseño metodológico (enfoque, técnicas e instrumentos), se describe minuciosamente la teoría de construcción del índice sintético basado en la Distancia P2 (DP2), el procesamiento de datos recolectados en campo y el análisis estadístico que valida la hipótesis planteada.

- **Capítulo 4. Propuesta de Transformación:** Constituye la fase propositiva de la tesis, donde se presenta el modelo de medición final, la evidencia empírica de su aplicación y las reglas de uso para transformar la medición dispersa en una herramienta de gestión estratégica operable.

El informe concluye con la presentación de las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, seguidas de las referencias bibliográficas y los anexos que contienen los instrumentos y códigos de procesamiento desarrollados.

1 Capítulo 1. Proyección de la Investigación.

Contextualizar el estudio en el campo de la medición del desempeño en proyectos ágiles implica reconocer dos vertientes convergentes, así en la vertiente metodológica, la literatura sobre indicadores sintéticos ha sistematizado procedimientos para seleccionar indicadores parciales, tratarlos estadísticamente, y agregarlos en una medida compuesta que resuma su señal común, reduciendo ruido y heterogeneidad de unidades de medida(Mondéjar-Jiménez & Vargas-Vargas, 2008), por otro lado en la vertiente aplicada, los proyectos Scrum demandan prácticas de medición ágiles como el proceso, estandarizadas y comprensibles para la toma de decisiones, lo que justifica diseñar indicadores e instrumentos coherentes con su dinámica iterativa y de equipos autogestionados (Cogollo Oyola, 2013).

En ese marco, se propone diseñar y validar un Índice Sintético (IS) para determinar el nivel de avance de equipos Scrum en Quito (2023–2025), articulando dos componentes: Rendimiento (Velocidad por puntos y Velocidad por Capacidad en Puntos) e Integración (Satisfacción del equipo, Retroalimentación en el Sprint, Efectividad en la comunicación y Métrica de colaboración). La revisión documental respalda que los índices compuestos permiten monitorear objetivamente fenómenos complejos cuando existen múltiples subindicadores, siempre que la selección, estandarización y agregación se apliquen con criterios explícitos y replicables(Cogollo Oyola, 2013), de igual manera, los aportes de la literatura en diseño de indicadores para contextos ágiles evidencian la necesidad de “hojas de vida del indicador” (definición, fórmula, frecuencia, fuente) para asegurar trazabilidad y gobierno de datos en ambientes Scrum (Oyola, 2013).

En el contexto práctico local, se observan prácticas dispares de medición entre equipos y Sprints, con tableros heterogéneos, énfasis excesivo en métricas aisladas (solo velocidad) y escasa integración de factores sociotécnicos (integración), esta forma generalizada configura una situación problémica: la lectura fragmentada del avance dificulta comparar equipos/periodos y orientar decisiones de mejora, sin embargo hay que notar que la paradoja radica en que, aun cuando Scrum promueve inspección y adaptación continua, la información integrada sobre desempeño e integración no es directamente observable con indicadores sueltos ni es comparable en el tiempo sin un marco de agregación y estandarización.

1.1 Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.

El diseño de un modelo de índice sintético para medir avance en rendimiento e integración en proyectos dentro del marco Scrum está dentro de la línea de Investigación de Ingeniería y su ámbito de estudio es el análisis de buenas prácticas y su aplicación de proyectos.

El tema de tesis planteado está directamente relacionado a la gestión, administración gerencial y uso de mejores prácticas en la gestión de proyectos, así como la mejora continua en el ámbito empresarial. El diseño de un modelo de índice sintético busca definir el avance de un proyecto ágil con Scrum de una manera rápida y fácil de entender, para lograr este acometido partiremos del análisis y diseño de Indicadores para metodologías Ágiles, siendo Scrum un marco de trabajo ampliamente usado en equipos de desarrollo de software, se usa esta industria para el análisis y desarrollo de la investigación, en esta misma línea se procede a revisar en equipos de desarrollo de la ciudad de Quito, así se espera llegar a determinar un valor del índice sintético mediante el modelo para establecer un patrón de medida en el avance e integración proyectos Ágiles con Scrum.

El índice sintético de avance está ligado a la gestión del proyecto tiene un papel fundamental en la evaluación y supervisión del progreso de los proyectos ágiles con marcos de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software ya que puede medir y evaluar de manera objetiva el desempeño de sus proyectos permitiendo identificar áreas de mejora, realizar ajustes y tomar decisiones informadas para lograr un mejor rendimiento y aumentar las posibilidades de éxito en términos de cumplimiento de objetivos, calidad y satisfacción del cliente.

El estudio se enmarca en el campo de la gestión de proyectos ágiles con Scrum, un marco de trabajo que ha ganado popularidad en los últimos años no obstante que su aparición data de 1986, cuando se usó por primera vez el término “Scrum” para un marco de trabajo ágil, término que hasta esa fecha se usaba en referencia al mecanismo de reanudación de juego en Rugby cuando existe una falta leve, el uso del mismo termino fue para hacer notar que los equipos pequeños y que constaban de integrantes con varios perfiles, logran mejores desempeños, estableciendo la analogía en el momento que el integrante del equipo de Rugby entrelazado y

agazapado con sus compañeros tratan de empujar al otro equipo que en la misma posición, buscan conseguir el objetivo temporal del del juego que es controlar la pelota, con lo cual dieron un significado polisémico al termino “Scrum” (Hirotaka Takeuchi & Ikujiro Nonaka, 1986), este esquema de trabajo tiene como ventajas esperadas un enfoque flexible, colaborativo, iterativo e incremental que permite minimizar el riesgo en proyectos con ambientes no controlados.

La investigación busca identificar, los indicadores más apropiados para evaluar el progreso y el rendimiento de proyectos ágiles rendimiento e integración para equipos en el contexto específico de equipos de desarrollo de software en Quito - Ecuador, buscando contribuir al conocimiento existente sobre las mejores prácticas en la gestión de proyectos ágiles y su aplicación en entornos de equipos de desarrollo de software para finalmente definir un modelo de un índice sintético que agrupe a los indicadores diseñados o definidos previamente.

Entendiendo la amplitud del concepto de agilidad en proyectos y sus diversas metodologías se escogió el marco de trabajo con mayor desarrollo o difusión para establecer un modelo de un índice sintético, el cual sirva como punto de referencia en el desarrollo de proyectos futuros a otros equipos mediante la métrica del índice y el análisis de indicadores generales como herramientas para evaluar proyectos ágiles.

Los proyectos ágiles, usan marcos de trabajo que normalmente son catalogados como metodologías, sin que lo lleguen a ser, ya que no existe un plan detallado de uso y estructura como acontece para metodologías ampliamente difuminadas en el caso de la administración de proyectos bajo ambientes controlados, donde, el esquema de análisis y diseño tienen gran relevancia y se puede usar un esquema predictivo para minimizar el riesgo. En este contexto, el estudio de análisis de indicadores válidos para la gestión de proyectos de desarrollo de software en Quito en el periodo del 2023 al 2025 sirve como base para generar un modelo de índice sintético con estos insumos, buscando apegarse a la filosofía de agilísimo, mediante los preceptos del manifiesto de desarrollo ágil de software, el mismo que se produce en el 2001 como producto de la evolución de las técnicas agiles que surgieron a mediados de la década de 1990, como resultado de la influencia de la teoría de mejora continua de los principios de la manufactura esbelta usados por Toyota y Honda y las estrategias de gestión del conocimiento de Takeuchi y Nonaka (Hirotaka Takeuchi & Ikujiro Nonaka, 2004), con estos insumos en febrero del 2001, 17 desarrolladores de software convocados por Kent Beck quien público el libro Extreme

Programming Explainned (Kent Beck, 1999) en Salt Lake City acuñaron el término "Metodologías Agiles" como un esquema alternativo a los métodos formales CMMI, PMI, SPICE (borrador original de ISO 15504) creando el Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software (*Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software*, 2001).

De esta forma y tratando de mantener los principios de agilidad, los indicadores de avance de gestión en rendimiento e integración para equipos que se establezcan, son definidos de literatura existente o creados para medir el avance del proyecto, los cuales tienen como objetivo la creación de un esquema general de métricas, que se sirve para comparar con los datos del proyecto de un equipo de trabajo cualquiera, bajo las circunstancias descritas, siendo este un trabajo arduo debido a las características propias de marcos de trabajo que abren un espectro amplio de opciones para usar en el proyecto. Según Cogollo Oyola, (2013), la relación de dificultad entre la medición de proyectos predictivos o tradicionales y proyectos administrados con marcos de trabajo ágil se puede contabilizar en siete categorías de medición apropiado y eficaces en la medición del riesgo de proyectos para determinar una propuesta de indicadores aun totalmente generales a cualquier tipo de proyecto bajo el marco de trabajo Scrum.

En el 2018, el Project Management Institute (PMI), uno de los líderes de investigación de administración de proyecto a nivel mundial indican que el 71% de las organizaciones tienen una mayor agilidad en referencia a los últimos 5 años(*El éxito en tiempos de disrupción*, 2018, p. 7), sin embargo atado al importante crecimiento que tienen estos métodos se encuentra la falta de mecanismos claros de medición del avance de los proyectos, producto del esquema de trabajo abierto, iterativo e incremental que poseen los marcos de trabajo para que se logre combinar los índices con los esquemas ágiles de trabajo, en esta línea, el estudio de Rodriguez Esguerra et al., (2019) trata de definir aspectos relevantes en un proyecto ágil y los trata de relacionar a una formulación matemática que permite medir su progreso para determinar desviaciones a futuro, siendo este un paso de gran importancia para establecer como punto de partida en un estudio para desarrollo de proyectos de software y centrarlos en Quito e investigar en la posibilidad de crear índices con plantillas bases mediante los indicadores que sean fácilmente comparables.

El diseño de un modelo de índice sintético que permite establecer el nivel de avance de proyectos ágiles mediante metodología Scrum en rendimiento e integración para equipos, reduce el tiempo de gestión y establece parámetros de medición fácil para todo el equipo, así como para

los interesados en referencia a los trabajos realizados, dando relevancia al concepto de agilismo debido al concepto de un análisis de multicriterio de varios indicadores generales de gestión fusionados en un índice sintético de fácil entendimiento.

1.2 Planteamiento del problema.

Desde una perspectiva laboral, la ingeniería de software padece de un proceso plenamente definido que permita definir un procedimiento e indicadores de avance en proyectos ágiles, en ese contexto tampoco existe esquemas de mejores prácticas y se avoca a la empresa, equipo o miembros del equipo que se encuentran en el proyecto, el análisis y definición del avance del proyecto. Aunque la metodología de trabajo existe y se puede usar sin problema, no existe datos comparativos que permitan amalgamar la información que se encuentra durante el proyecto con el avance en rendimiento e integración para equipos para determinar posibles inconvenientes, el esquema de trabajo que lleva la empresa o equipo de trabajo se basa sobre lo planificado y depende en gran medida de la valoración que se realizó en la planificación inicial por el equipo de trabajo.

El diseño de un modelo de índice sintético busca correlacionar todos los indicadores generales de avance en rendimiento e integración para equipos que tienen los equipos de desarrollo de software bajo Scrum para crear un índice único que permita establecer de forma rápida el nivel de avance y cumplimiento del proyecto.

En este contexto, se espera que el modelo, sea de mucha importancia para mejorar la competitividad de las empresas de desarrollo de software del Ecuador en América Latina, es importante destacar que Ecuador es un país que exporta mucho conocimiento mediante la contratación de ingenieros, sea para trabajos presenciales o en esquema remoto, no obstante no se aprovecha el recurso humano para generar los proyectos y que los grandes capitales queden en el país, desde esa perspectiva, uno de los errores, es la estimación de los proyectos y negociación con empresas internacionales. Con este estudio se espera contribuir en la eliminación de la brecha y riesgos que sienten las empresas internacionales antes mencionadas para entregar el proyecto a empresas ecuatorianas y no solo contratar personal en forma remota.

1.3 Formulación del problema (Pregunta de investigación).

¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?

1.4 Justificación.

1.4.1 Justificación Teórica.

La gestión de proyectos tiene como característica intrínseca a su naturaleza la revisión y optimización de los recursos asignados al mismo, en proyectos ágiles donde los ambientes generalmente son no controlados, la mitigación del riesgo se busca realizarlo mediante metodologías y marcos de trabajo iterativos e incrementales donde siguiendo los postulados del manifiesto ágil las personas primen sobre los procesos, sin embargo la medición de la gestión se vuelve un factor preponderante ante la versatilidad de atender los requerimientos mediante hitos de trabajo. Scrum busca determinar los trabajos a realizar mediante el uso de Sprint, en este sentido y en concordancia con los objetivos de los indicadores de gestión que consiste en "Establecer un sistema de instrumentos que permita en forma rápida y proactiva, administrar la empresa y hacer posible la comparación de los resultados con las metas propuestas" (Alejandro & Matiz, 2009), entendiéndose que la meta de la empresa es la meta del proyecto y el concepto de índice de gestión para tal naturaleza es el mismo, se busca desarrollar un mecanismo ágil de uso para que sea un punto de soporte en los proyectos de desarrollo de software con metodologías Ágiles.

El presente estudio aporta un nuevo instrumento compuesto de medición, en forma de índice sintético, que permite evaluar el nivel de avance e integración de equipos Scrum durante y al cierre de cada Sprint. Este índice no solo consolida indicadores validados de forma independiente, sino que los integra bajo un modelo estructurado, replicable y contextualizado a proyectos de desarrollo de software en entornos latinoamericanos.

1.4.2 Justificación Metodológica

La creación de indicadores sintéticos tiene varios mecanismos para su definición, sin embargo, principalmente su diferenciación está en la forma como se ponderan y agregan los

indicadores iniciales que para nuestro caso serían los indicadores generales de gestión que se van a crear, rediseñar o usar en proyectos de gestión de proyectos Ágiles con Scrum en rendimiento e integración para equipos.

Una clasificación fácil de usar y estructurar en las metodologías de creación de indicadores sintéticos las divide en agregaciones simples con proyecciones lineales unidimensionales que generan medias ponderadas de indicadores simples, métodos participativos los cuales usan sumas y promedios ponderados de índices simples, indicadores basados en distancias el cual se fundamenta en la brecha existente entre la situación actual y la esperada y técnicas de análisis de multicriterio la cual busca transformar los aspectos evaluados en objetivos y criterios de juzgamiento (D. Serrano, 2011). El diseño del modelo de un índice sintético se basa en técnicas de multicriterio para lograr minimizar el lado subjetivo de la evaluación del proyecto por parte de expertos.

La propuesta metodológica incluye el tratamiento multivariado de datos ordinales y métricos mediante técnicas de reducción de dimensiones y escalamiento óptimo, lo cual no ha sido documentado en investigaciones previas con este enfoque específico. Así, se contribuye al cuerpo teórico y práctico de la gestión ágil, facilitando la toma de decisiones, la trazabilidad del avance y la mejora continua en entornos reales de desarrollo ágil de software

1.4.3 Justificación Social.

La administración de proyectos Ágiles mediante Scrum, siempre representó un desafío en la ingeniería de software debido a los principios de agilidad y establecimiento de Sprint con los ítems de product backlog que el equipo decide trabajar en cada interacción para conformar el sprint Backlog, según (Cogollo Oyola, 2013) se puede distinguir las siguientes categorías en los indicadores de proyectos ágiles con Scrum:

- Indicadores dinámicos
    - indicadores de Colaboración del equipo
    - indicador de transparencia en resolución de errores
    - indicador de desempeño en la contribución al valor entregado
    - nivel de motivación

    - indicador de la capacidad de aprendizaje a los integrantes del equipo
- Indicadores de procesos y proyectos
    - estimación de elementos de trabajo pendiente en tiempo y tamaño
    - estimación de tareas de descomposición
    - uso de buenas prácticas
    - tiempos de ciclo de terminación de desarrollo de elementos de trabajo pendiente
    - calificación de riesgos de elementos de trabajo pendiente
- Indicadores de Clientes
    - visibilidad del valor de negocio
    - visibilidad de soporte de desempeño
    - índices financieros del proyecto
    - indicador de satisfacción al cliente
- Indicadores ágiles
    - estimación de esfuerzo, Tamaño del software
    - velocidad (Productividad)
    - gráfico Burndown
    - diagrama de flujo acumulativo
    - respuesta al cambio y retrabajo
    - valor ganado en Negocio
    - estimación del Esfuerzo Total

Sin embargo de las categorías e indicadores que se puede usar que se listaron, no existe una esquema de indicadores generales que permita evaluar el avance del proyecto y mucho menos un modelo que permita determinar tal objetivo, el diseño, uso, implementación de indicadores generales para definir un modelo de índice sintético para proyectos ágiles con Scrum en desarrollo de software se vuelve desde esa perspectiva un trabajo sumamente deseable que busca contribuir a los equipos de trabajo en ingeniería de software.

1.4.4 Justificación Personal

El análisis de indicadores en el marco de trabajo Scrum para determinar avance en rendimiento e integración para equipos siempre me represento un inconveniente, debido al

método de resolución de problemas tan dinámico e iterativo, en este sentido en el pasado busque un modelo que permita definir los índices más idóneos para establecer avance, gestión y satisfacción del cliente sin encontrar materia al respecto, en gran medida debido a la naturaleza de Scrum que es un marco de trabajo definido por los autores como incompleto a propósito para ofrecer un esquema flexible que se adapte a cada proyecto, no obstante considero que la definición de indicadores generales y el diseño y construcción de un índice sintético deberá ser un aporte muy interesante a la industria del software en Quito Ecuador, razón por la cual busco realizar un trabajo que genere valor y sea un marco de referencia en el futuro.

1.4.5 Justificación Práctica.

La utilización de indicadores para establecer métricas de desempeño en rendimiento e integración para equipos ha demostrado ser una práctica exitosa en áreas como la financiera y la calidad ya que tiene una relación directa al éxito del proyecto, sin embargo, su aplicación en la gestión de proyectos ágiles ha sido menos explorada, los proyectos ágiles, caracterizados por su enfoque iterativo e incremental, requieren de un monitoreo constante y una toma de decisiones ágil para lograr resultados exitosos, en este contexto, el uso de indicadores de gestión puede ser una herramienta valiosa para evaluar el progreso y el rendimiento de los proyectos de manera rápida y efectiva en rendimiento e integración para equipos.

Este estudio tiene como objetivo llenar este vacío de conocimiento, al analizar las herramientas y técnicas probadas en la gestión de proyectos ágiles y determinar las mejores prácticas en este ámbito, con lo cual se pretende identificar los indicadores más relevantes y efectivos que puedan proporcionar una visión clara del estado del proyecto y permitir una evaluación precisa de su rendimiento mediante la unificación de criterios en el diseño de un modelo de índice sintético para proyectos ágiles con marco de trabajo Scrum, en este contexto al establecer un marco de referencia basado en este índice, se espera mejorar el monitoreo y la toma de decisiones durante la ejecución de los proyectos ágiles en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, puede permitir a los equipos de proyecto identificar de manera temprana posibles desviaciones o problemas, facilitando la adopción de acciones correctivas oportunas y mejorando la calidad y la satisfacción del cliente.

Finalmente, se espera poder entregar un modelo de índice sintético basado en indicadores generales en rendimiento e integración para equipos para proyectos ágiles de desarrollo de software, con el fin de proporcionar a las empresas de Quito, Ecuador, una herramienta eficaz para evaluar y mejorar su desempeño en la gestión de proyectos ágiles.

1.5 Objeto de estudio.

El desarrollo de software, se lo puede ver como un proceso de difícil manejo y gestión, debido a su naturaleza de mucho conocimiento técnico y gestión de recursos y talento humano, dichos trabajos son ligados a proyectos donde están involucrados tiempos, recursos y oportunidades que se presentan en un momento especifico de cada organización, con este antecedente y basados en el marco teórico se entiende que la tecnificación y conocimiento de la gestión y administración de proyectos se vuelve la piedra angular del éxito de este tipo de proyectos, los mismos que tienen varias metodologías, marcos de trabajo y técnicas que pueden ayudar a lograr su meta, en este esquema, el agilismo y Scrum, presenta un camino que puede abrir opciones de éxito en la consecución de los proyectos de desarrollo de software. En Quito Ecuador, los proyectos con Scrum son gestionados en función del rendimiento, sin embargo se considera que el éxito de los equipos para obtener además de buen rendimiento sino sostenibilidad está ligado a la integración del equipo de trabajo, lo que se reflejara en los distintos Sprints, con lo antes mencionado el desarrollo de un “Modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, 2023 - 2025” buscar reflejar en una sola medida en cada Sprint este efecto, para poder determinar el estado del proyecto y del equipo.

1.6 Campo de acción.

Esta investigación, está enfocada en equipos de desarrollo de software, los cuales son transversales a varias industrias ya que no solo existe equipos de desarrollo de software en empresas de tecnología, sino en diferentes empresas que tienen personal del área de sistemas que trabajan para la compañía y están optimizando y automatizando procesos como parte de la transformación digital propia de la empresa o para ofrecer una ventaja competitiva a la organización que les permita abaratar costos u ofrecer el producto o servicio en menor tiempo o

con mejor calidad o mejor prestaciones o a su vez que permita apoyar a otros departamentos o directamente a la organización en la oferta de productos o servicios al cliente. En este contexto, el campo de acción para la investigación puede servir a un amplio espectro de interesados que gestionan equipos de desarrollo de software que buscan mejoras en rendimiento y sostenerlo en el tiempo para obtener un trabajo continuo del equipo de desarrollo y por lo tanto tener un producto reditable en el tiempo.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General.

Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025.

1.7.2 Objetivos específicos.

1. Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos.
2. Identificar, definir y seleccionar los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
3. Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
4. Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

1.8 Hipótesis.

1.8.1 Hipótesis de investigación (H1)

El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo

el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025.

1.8.2 Hipótesis Nula(H0)

El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, no contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025.

1.9 Alcance temático.

El alcance del estudio consiste en analizar, definir, diseñar, seleccionar y usar los indicadores generales de gestión aplicables a proyectos ágiles para Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software, centrándose en empresas ubicadas en Quito Ecuador, para luego establecer un procedimiento que permita crear un modelo replicable en la creación de un índice sintético. El objetivo es establecer un marco de referencia que permita evaluar el estado y el rendimiento de los proyectos ágiles con Scrum de manera eficaz.

El estudio se enfoca en identificar, diseñar y seleccionar los indicadores más relevantes y efectivos para la gestión de proyectos ágiles en rendimiento e integración para equipos en el contexto específico de las empresas de desarrollo de software en Quito en el periodo del 2023 al 2025, esto implica revisar la literatura existente, investigar las mejores prácticas y examinar casos de estudio relevantes que permita definir un grupo de indicadores acordes para el fin perseguido, se busca tomar en cuenta las categorías de índices relevantes para tal fin por lo cual inicialmente se determinó como calificar el avance del proyecto y sus perspectivas para determinar cuándo un proyecto se considera que se finaliza con éxito.

Para este fin se realizó pilotos de evaluación de la aplicabilidad y eficacia de estos indicadores en proyectos reales dentro de equipos de desarrollo de software. Se recopiló datos empíricos para analizar cómo los indicadores seleccionados pueden proporcionar una visión precisa del estado y el progreso del proyecto, así como su impacto en la calidad y satisfacción del cliente para finalmente diseñar el modelo del índice sintético que establezca una esquema ágil y fácil de revisión que partiendo de los indicadores generales permita definir el estado del proyecto.

El estudio considera las particularidades y desafíos específicos del entorno de desarrollo de software en Quito, Ecuador. Se busco adaptar y ajustar los indicadores y el marco de referencia propuesto para que sean relevantes y aplicables a las empresas de la región.

1.10 Delimitación Espacial y Temporal.

El análisis descrito tiene validez para empresas de desarrollo de software en la ciudad de Quito en el periodo del 2023 al 2025, esto debido a que se espera validar si los parámetros económicos y financieros que son propios de la capital ecuatoriana como son inflación, valor salarial de ingenieros categorizados en niveles de conocimiento o experticia, además de parámetros de canasta básica y vivienda son relevantes para el estudio, lo cual podría determinar que la información sea personalizada a la Ciudad de Quito.

Las denominadas fábricas de software, son empresas especializadas en desarrollo de software y son un nicho de mercado muy deseado para levantar los datos de sus proyectos, no obstante, el número de empresas de desarrollo de software que acepten participar en el estudio de los indicadores es fundamental y representó una limitante de gran importancia, no obstante, se pudo realizar gestiones mediante la asociación ecuatoriana de software y con conocidos en el área, sin embargo, es importante notar que una alternativa válida, es realizar el estudio en equipos de desarrollo, los cuales son inherentes a casi todas las organizaciones que poseen departamento de sistema o tecnología, ya que partimos del postulado que el diseño del modelo puede realizarse desde el planteamiento teórico y la evaluación puede realizarse en un solo equipo de trabajo en varios proyectos.

Es importante destacar que el estudio se enfoca en la parte de gestión de proyectos y no aborda aspectos técnicos o de programación específicos del desarrollo de software. El objetivo es proporcionar a las empresas de Quito Ecuador, una herramienta efectiva para evaluar y mejorar su desempeño en la gestión de proyectos ágiles, con énfasis en la calidad y satisfacción del cliente.

2 CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales.

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos referenciales que sustentan la investigación, organizados de manera integral para asegurar coherencia entre el problema, los objetivos, la metodología y el modelo de índice sintético propuesto, con lo cual se fundamenta el diseño del índice sintético propuesto, en este contexto, la exposición se articula más allá de la base teórica, integrando una visión holística que abarca desde la frontera del conocimiento hasta el entorno normativo vigente.

En primer lugar, se desarrolla el Estado del Arte, donde se examinan las tendencias globales, nacionales y locales haciendo énfasis en los últimos cinco años en la gestión de proyectos de software, este análisis permite identificar las brechas metodológicas en la medición de la agilidad, el uso de métricas en Scrum y la construcción de índices sintéticos, complementariamente, el Marco Conceptual unifica la terminología técnica esencial, estableciendo definiciones precisas para los constructos de rendimiento e integración.

Los fundamentos teóricos de esta investigación se articulan en tres pilares complementarios:

1. La teoría de gestión de proyectos ágiles con Scrum, entendida como un marco empírico e incremental que opera con equipos autogestionados, eventos y artefactos orientados a generar valor y a sostener ciclos de inspección, adaptación y transparencia.
2. La medición del desempeño mediante sistemas de indicadores generales para medir avance e integración alineados estratégicamente
3. La síntesis estadística de información multidimensional mediante índices sintéticos, que exige normalización homogénea (escala 0–100), análisis de redundancias y selección de variables, y que fundamenta la ponderación no arbitraria a través de técnicas multivariantes, complementadas por análisis de confiabilidad (α de Cronbach/CR) y validez (convergente/discriminante) y pruebas de sensibilidad a decisiones de agregación

Finalmente, se establece el Marco Contextual, que sitúa la investigación en la realidad operativa de la industria de desarrollo de software en Quito, Ecuador, así como el Marco Normativo y Legal, que alinea la propuesta con estándares internacionales de calidad y gestión como ISO 21500 y las directrices del Project Management Institute (PMI), con lo cual se garantiza que el índice sintético resultante no sea solo un ejercicio estadístico, sino una herramienta de gestión robusta, legalmente alineada y contextualmente pertinente.

2.1 Estado del arte (Marco Histórico y Actual).

Modelo de índice sintético para medir avance en rendimiento e integración en proyectos con Scrum para equipos de desarrollo de Software, en Quito Ecuador en el periodo del 2023 al 2025, requiere un análisis documental exhaustivo que permita establecer claramente los trabajos y aportes que la comunidad científica a realizado en esta área, siendo esta una conjunción de teorías y postulados que abarcan la gestión de proyectos agiles, desarrollo de software, manejo de indicadores básicos y adaptación de índices sintéticos que permitan la fácil comprensión, se estructuro este trabajo en función de las variables de la investigación como es el “Modelo de Índice sintético”, “Nivel de avance en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en proyectos Scrum” y “Criterios clave en el diseño del modelo de índice sintético”, pero tratando de mantener al mismo tiempo los principales conceptos desglosados como es el marco de trabajo Scrum, diseño de indicadores sintéticos y desarrollo de software entre otros para localizarlos en estructuras tempo espaciales para Quito Ecuador en los años del 203 al 2025, razón por la cual se dividió en tres ejes la investigación de los aportes, los cuales son:

2.1.1 Internacionales

Barcelos Bica & Silva, (2020)**,** Learning Process of Agile Scrum Methodology with Lego Blocks in Interactive Academic Games: Viewpoint of Students, el articulo presenta un caso real para aprender términos y el esquema de funcionamiento de Scrum por medio de un caso práctico de clase para desarrollo de un juego usando bloques de Lego, los resultados que presentan, están en función de la evidencia que el juego dinámico y actividades son más efectivas en el aprendizaje de SCRUM y la asimilación de los conceptos que lo que se puede hacer con teoría o videos. El trabajo se realizó en dos universidades de Brasil con 61 alumnos divididos en 41 estudiantes de ingeniería en sistemas en la primera universidad, 20 estudiantes de ingeniería

eléctrica de la segunda universidad, alumnos que no conocían previamente teoría de SCRUM ni tenían experiencia sobre el marco de trabajo, llevándolos a tableros Kanban para realizar una método experimental sobre los conceptos en la práctica más que darles teoría, obteniendo finalmente datos que establecían que el 93,6% de los estudiantes al final tenían conocimiento de SCRUM, de los cuales el 40,4% de estudiantes establecieron un conocimiento alto sobre Scrum y el 51% un conocimiento muy alto, con lo cual concluyen que el método es muy efectivo.

Ramírez et al. (2021), El Impacto De La Metodología Ágil Scrum Implementado en el desarrollo de software empresarial en ciudad de México, el articulo presenta una solución informática para el manejo de licencias de software mediante el desarrollo de un sistema web, proyecto que lo desarrollan bajo el marco de trabajo Scrum. Para la solución del problema planteado se propuso el desarrollo de un sistema para reducir el tiempo de espera en la recepción de reporte que se entrega el cliente, el equipo de desarrollo decidió usar un esquema de trabajo basado en dirección de proyectos agiles.

El resultado del proyecto se mide en la reducción del tiempo de atención al cliente en 80%, este parámetro permite obtener un mejor índice de calidad en el servicio reduciendo los 11 días hábiles iniciales que eran necesarios para satisfacer un requerimiento, así como se registra una curva de adopción de Scrum en los desarrolladores favorable ya que lo consideran fácil de uso. La apertura al cambio que presenta Scrum, es determinante en proyectos donde el riesgo debido a la falta de definición clara de requerimientos es muy marcado y determinan que la autogestión, autoorganización, adaptabilidad, colaboración y compromiso son fundamentales en el equipo de trabajo.

Montero Fernández-Vivancos (2016), Diseño de indicadores para la gestión de proyectos en Valladolid, España, la tesis doctoral propone indicadores de control para la gestión de proyectos, los mismos que serían diseñados indistintamente del proyecto y metodología que se use, mediante un cuadro de indicadores de rendimiento de la gestión de proyectos con una serie de pasos que podrían definirse como estructurada. La metodología que usa se basa en un análisis conceptual de la gestión de proyectos, programas y carteras para identificar los indicadores de rendimiento para proyectos, los cuales son la base del documento mediante el uso de estadística inferencial, aunado al uso de herramientas y técnicas propias de la dirección de proyectos como el método Delphi. El estudio determino 26 indicadores desarrollados para uso del método Delphi,

donde se determina en proyectos en la vida real valores iniciales de comparación para otros proyectos, además establecen que los indicadores deben tener ratios económicos, análisis del valor ganado y riesgos propios del proyecto además de los indicadores de gestión del proyecto pero sobre todo la captura de la información debe ser válida y viable para poder determinar con certeza el estado del proyecto, no obstante se sugiere que en organizaciones "maduras" los resultados son mejores.

Páez Sánchez (2021), Diseño de indicadores para la gestión de proyectos innovadores en una caja de compensación familiar de Colombia, esta tesis de maestría tiene como objetivo el diseño de un sistema de indicadores de Innovación para la toma de decisiones en la caja de compensación Familiar, el esquema de trabajo está basado en el modelo doble rombo del British Design Counsil, la cual funciona sobre cuatro etapas como son: mapear, explorar, construir y testear. Las primeras fases involucran realizar una investigación y diagnosticar el estado actual del esquema general de trabajo e innovación en la Caja de Compensación, finalmente las restantes fases se proceden a la implementación del diseño de indicadores, el cual fue testeado y validado por la Caja de Compensación COMPARTACOL, el resultado de la aplicabilidad de este proyecto se entregará a la Caja de compensación para su uso.
La conclusión a la que llega implica que el modelo de indicadores debe ser simple de no más de 6 indicadores que puedan ser fácilmente medibles y se revise en la organización de manera Periódica, así como la constante validación de los mismos en función de que se trata de medición de innovación y esto puede requerir reformular los índices ya propuestos.

Puentes Neira & Guevara Romero (2015), Indicadores de desempeño en la gestión de proyectos, un análisis del estado del arte basado en las publicaciones científicas actuales en Bogotá Colombia, en este proyecto curricular se basa, sobre los postulados de investigar literatura científica relacionada con la medición de la gestión del desempeño para proyectos haciendo énfasis en los mejores formas de medir el desempeño según la fase en la que se encuentre el proyecto, así buscan desarrollar un marco de referencia para establecer indicadores de desempeño y métricas en la gestión de proyectos. La metodología usada básicamente es documental, con búsquedas en parámetros previamente definido para establecer los mejores índices de desempeño en los proyectos y actualizaciones periódicas de información en base al indicador de impacto SJR SCImago Journal / Country Rank que mide el grado de influencia

científica de las publicaciones académicas en base a las citas que genere los artículos, papers o tesis sobre revistas especializadas en su área de aplicación.

Los resultados de la investigación demostraron que el agrupamiento natural de la información generaba conceptos más claros para entender la relevancia de las publicaciones e indicadores de medición en la gestión de un proyecto, especialmente en referencia a tiempos y costos de los mismo.

Schwaber & Sutherland(2020)**,** The 2020 Scrum GuideTM, es la guía oficial del marco de trabajo Scrum para dirección de proyectos agiles en función de generar valor con soluciones adaptables para problemas complejos controlando el riesgo para alcanzar metas previamente definidas para el proyecto, el marco de trabajo puede emplear diversos procesos, técnicas y métodos que pueden ser implementados en función de las necesidades de cada organización y de cada proyecto, siempre basado en el empirismo y el pensamiento Lean en esquemas iterativos e incrementales por medio del cual generan valor para el proyecto, El marco de referencia a generado resultados excepcionales en la dirección de proyectos y su uso se ha extendido siendo el método de mayor uso para manejo de proyectos agiles en la actualidad.

Cogollo Oyola (2013), Análisis, Propuesta y Representación de indicadores en proyectos agiles con SCRUM en Antioquia Colombia, el articulo analiza los indicadores de uso frecuente en Scrum y busca definir nuevos indicadores en función de una documento técnico que le denominan “Hoja de vida del indicador” donde se puede registrar los índices más comunes como estimaciones de esfuerzo, velocidad del equipo Burndown Chart, Diagrama de Flujo Acumulado, respuesta al cambio, valor ganado y estimación de esfuerzo. El esquema de trabajo se basa en establecer el índice ms apropiado para el proyecto en función de un banco de índices para manejo de proyectos agiles, en este contexto la conclusión que el uso de los indicadores más idóneos está en función de la naturaleza del proyecto y de la dinámica del equipo de trabajo.

Rodriguez Esguerra et al.(2019), Diseño y construcción de indicadores de gestión para la medición del desempeño de proyectos desarrollados bajo los principios de los marcos de referencia ágiles en Colombia, el objetivo es diseñar y construir indicadores de gestión de dirección de proyectos agiles que se enmarquen con el manifiesto ágil así como sus 12 principios y haciendo una panorámica de las mejores prácticas de medición en otras metodologías de

manejo de proyecto como Crystal, Kanban y Lean para generar indicadores de gestión y financieros. La metodología usada está dispuesta en 7 fases, de las cuales las 3 iniciales son recursos humanos, cronograma y análisis de viabilidad financiera, así como análisis documental de aproximadamente 30 fuentes primarias y secundarias para generar matrices de comparación como marco de referencia de los indicadores para establecer un juicio de expertos en función de un medio de análisis, el estudio concluye que mediante el esquema de trabajo descrito pudieron definir 5 índices de gestión que sirven para evaluar la gestión de los proyectos.

Vicente Mohino et al.(2019)**,** The Application of a New Secure Software Development Life Cycle (S-SDLC) with Agile Methodologies en Suiza, el artículo de la revista Electronics busca definir un método de desarrollo de software que este enfocado en manejo de proyectos agiles y ate el nivel de calidad del software producido con esquemas validos de seguridad aportando valor en cada entrega de la interacción haciendo énfasis en la detección de vulnerabilidades desde el inicio para lograr un software de alta calidad, este enfoque hace que no solo se considere la funcionalidad requerida del software en los tiempos previamente establecidos y requeridos sino que al adoptar conceptos de administración de proyectos agiles direccionados a estándares de calidad y seguridad se pueda crear sistemas que cumplan las funcionalidades requeridas pero con calidad y seguridad, para eso hacen énfasis en el ciclo de vida del software seguro S-SDLC por sus siglas en Ingles de Secure Software Development Life Cycle que busca actividades de ingeniería de seguridad, actividades de garantía de seguridad, actividades de gestión de proyectos y organización de seguridad y finalmente actividades de identificación y gestión de riesgos de seguridad así como hace un análisis comparativo de técnicas, marcos de trabajo y metodologías agiles como son Scrum, XP, Kanban, Lean, FDD, Micorosft SDL y Secdevops. Finalmente concluyen que, si se considera la seguridad desde el inicio del proyecto en referencia a la arquitectura del sistema, así como el manejo y administración del proyecto en sus diferentes fases se garantiza la calidad, funcionalidad y seguridad, lo cual permite minimizar el costo de arreglo de bugs.

Mondéjar-Jiménez & Vargas-Vargas (2008), Indicadores sintéticos: una revisión de los métodos de agregación en Toluca México, el articulo analiza varios procedimientos así como técnicas para el diseño y elaboración de indicadores sintéticos, los cuales según el artículo lo clasifica como tradicional, está basado principalmente en la agregación de indicadores según el

estado del indicador, su referencia y uso está en el ámbito económico, no obstante realiza una buena explicación de los métodos usados en base a indicadores básicos, su metodología implica la selección de índices parciales, uso de estadística previa, extracción del ciclo-tendencia y desestacionalización, agregación de índices parciales y finalmente la generación del índice sintético. El articulo concluye con la creación de indicadores sintéticos con una apreciación sobre el costo de la medición del índice creado, haciendo referencia que se debe buscar índices que sean fáciles de usar en la práctica, debido al ámbito económico del artículo establece la dificultad para establecer y medir ciertos índices básicos.

2.1.2 Nacionales.

Flores Mancheno et al.(2021), Una herramienta de gestión pública para el desarrollo turístico de los territorios, el artículo de la revista científica Dominio de las ciencias en su Volumen número 7 del 2021, versa sobre la vinculación que la cultura puede ofrecer a los pueblos para su desarrollo siendo en este caso el turismo el mecanismo para generar progreso como instrumento de atracción de inversión, de este modo la creación de un índice sintético que permita medir y entender rápidamente el nivel de cultura como una forma de entender las necesidades de gestión que requiere un territorio para que se pueda implementar proyectos y gestión desde los organismos gubernamentales. La metodología de trabajo parte desde 8 indicadores básicos que deben ser levantados en territorio que incluyen número de centros de educación artística, Museos, teatros, fiestas locales, monumentos, sitios arqueológicos, bibliotecas de acceso público y galerías para proceder mediante conceptos de estadística como las correlaciones entre estos índices obtener valores en la prueba de esfericidad de Barlett para determinar las variables correlacionadas y extraer factores como la tasa de varianza y porcentaje acumulado para generar una ecuación que represente el índice sintético, en vista de lo cual se plasma como conclusión que existe una centralización de la cultura en la capital de la república y que el resto de territorios analizados requieren programas urgentes de desarrollo.

Cevallos Mayorga (2020), Estudio de la sostenibilidad turística usando indicadores sintéticos en el parque histórico de Guayaquil en Ecuador, la tesis de maestría realiza una estudio para medir la sostenibilidad de los destinos así como los atractivos que tienen en el “parque histórico de Guayaquil” usando indicadores sintéticos para lo cual parte de indicadores básicos de sostenibilidad turística como son : Protección del territorio, presión del territorio, Intensidad

del uso, impacto social, control de desarrollo, gestión de desechos, proceso de planificación, ecosistemas, críticos, satisfacción del turista, satisfacción de la población local y contribución del turismo a la economía local así como indicadores compuestos tales como capacidad de carga turística, presión sobre el territorio y atracción para crear el índice sintético sobre los datos encontrados en las encuestas realizadas en un proceso no experimental bajo enfoques cualitativo y analítico descriptico, el resultado indica que mediante el método Delphi se diseñó 31 indicadores de los cuales se usó 19, en los cuales se observa que el turismo en el parque no es sostenible.

Arias & Alvear (2022), Análisis del resultado de la implementación de SCRUM,LEAN Y BSC en el proceso de desarrollo de software en la industria del Retail en Cuenca Ecuador, el artículo de la revista perspectivas, tiene como objetivo el análisis de la implementación de indicadores de control de desempeño para desarrollo de sistemas en la industria de Retail, dentro de la metodología que se ocupa resalta el uso de Scrum como marco de trabajo para proyectos agiles , el uso de la metodología Lead Time como marco de referencia para mejora continua de proceso y Balance Scorecard para mejora continua, obteniendo un resultado significativo en la satisfacción del cliente sobre el software así como un incremento en la cantidad de requerimientos de 7,55% con una tasa de calidad en los requerimiento del 91,90% lo cual se puede calificar como un software de excelente calidad. Con lo antes mencionado, luego de la estabilización de la metodología referida que conlleva varios marcos de trabajo y metodologías por lo que se le puede catalogar como hibrida concluyen que la propuesta aporta significativamente al flujo e procesos del área de IT.

2.1.3 Locales

Lucero Chamaza & Espín Trujillo(2022), en Quito Ecuador, Desarrollo de sistema web y aplicación móvil para consultar la ubicación de las clínicas veterinarias en la ciudad de Quito, la tesis tiene como objetivo desarrollar un sistema web y aplicación móvil para consultar ubicaciones de clínicas veterinarias en la Ciudad de Quito, usando el marco de trabajo Scrum para el manejo de del proyecto, la metodología de trabajo usada es la adaptación al cambio mediante iteraciones que generen productos con valor al usuario final para acortar en cada proceso iterativo las brechas del sistema con los requerimientos del usuario con base en las mejores prácticas que vayan encontrando en el transcurso del proyecto implementando una

personalización valida de Scrum para determinar los ítems del producto Bakclog y los ítems de cada Sprint BackLog. El resultado final permitió la creación del aplicativo Web y la aplicación móvil con tiempos de desarrollo aceptables debido a la división del proyecto y reducción del riesgo del proyecto por el manejo de Sprints.

Verdezoto Bósquez (2019), Propuesta de indicadores claves para la gestión de proyectos basados en metodología Scrum utilizando procesos de ETL. En Quito Ecuador, la tesis busca implementar un tablero de control basado en indicadores de gestión para proyectos de ETL (Extracción Transformación y Carga) gestionados con Scrum para mejorar la eficacia de la ejecución de proyectos, la metodología usada es un análisis documental no experimental de los principales conceptos en la administración de proyectos haciendo énfasis en proyectos agiles y métodos de medición de avance de los proyectos así como conceptos generales de transformación de datos y principales herramientas comerciales usadas en ambientes laborales para migración de datos para definir una propuesta de indicadores basado en Velocity team, prioridad de defectos, valor del producto entregado, gráfico de velocidad de equipo e iteración, gráfico de evolución (Burndown chart puntos vs sprint), problemas por categoría, puntos de historia aceptados e impacto en la resolución de impedimentos (horas). Finalmente concluyen que el monitoreo mediante un cuadro de control permite establecer desviaciones del proyecto en forma temprana.

2.2 Marco Teórico.

El marco teórico de referencia requerido para establecer un modelo de índice sintético para determinar el nivel de avance en proyectos Ágiles con Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de Software en Quito Ecuador en el periodo del 2023 al 2025, requiere la revisión y contextualización de varias teorías que se acoplan para dar sentido a la investigación propuesta, las mismas que se desglosa de la siguiente manera:

2.2.1 Desarrollo de software.

A principios de los 60, con la creación de un conjunto de instrucciones lógicas que se agrupaban en programas, procedimientos y documentación relacionada que permiten operar el hardware de una computadora, nace el concepto de software como lo describe Ignacio & Paola (2015) referenciado a (Mclver & Flynn, 1976) y a la par de los programas nacieron los conceptos

de ingeniería de software y metodologías de desarrollo de software. La ingeniería de software, nace entonces en la década de los 80 para estructurar en forma disciplinada el desarrollo de software en forma sistemática estructurando los procesos requeridos como es el análisis, diseño y construcción de software a pesar que los primeros en usar el termino ingeniería de software se realizó en la conferencia de la Organización del Atlántico Norte (OTAN) realizada del 7 al 11 de octubre de 1968 (Pantaleo & Rinaudo, 2015, p. 4), de ese tiempo a la fecha se puede encontrar varias definiciones entre las que podemos destacar:

- "Ingeniería de Software es el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software" (Zelkowitz, 1978)
- "Ingeniería de software es la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas de computadora y a la documentación asociada requerida para desarrollar, operar y mantenerlos. Se conoce también como Desarrollo de Software o Producción de Software" (Boehm, 1976)
- "Es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software, es decir, la aplicación de la ingeniería al software" ("IEEE Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology", 1990)

La palabra metodología etimológicamente viene del griego, methodos que significa método y logia que significa ciencia o "estudio de", a su vez methodos está formada de meta (afuera o más allá) y hodos (camino o viaje), lo cual nos con lleva a tener el concepto de ciencia que estudia métodos, la real academia de la lengua en su segunda acepción indica como "Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal ." (Real Academia Española, s.f., definición 2). Para el Project Management Institute (PMI), la definición de metodología es un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina (Project Management Institute, 2021, p. 45).

Las metodologías para la gerencia de proyectos son estructuras que permiten conseguir los objetivos en los proyectos, se conciben como un conjunto de procesos, recursos y actividades claramente definidos (Pharro y Bentley , 2007 como se citó en Montes Guerra et al., 2013, p. 14), así también se puede entender como el "conjunto de directrices o principios adaptados como una relación de cosas por hacer o un enfoque con plantillas, formularios, e incluso listas de

verificación, que son usados durante todo el ciclo de vida" (Charvat, 2003, como se citó en Montes Guerra et al., 2013, p. 14), desde la perspectiva de desarrollo de software, las metodologías, se puede determinar como la agregación de funcionalidad, creación, actualización o modificación de software, son una parte esencial de la ingeniería de software, las mismas que son consideradas como el paso fundamental para crear, actualizar el software requerido por las organizaciones para satisfacer al usuario final (Ignacio & Paola, 2015), entendiéndose a la metodología como el proceso repetitivo que incluye variantes según la disposición o la naturaleza del requerimiento y que permite estandarizar la creación y evolución del software lográndose el objetivo inicial del mismo y a la vez generando de forma sencilla y fácil los mecanismos de divulgación de conocimiento para personas que no estuvieron directamente involucradas en el desarrollo de un software en particular pero que por medio del conocimiento del esquema de la metodología de desarrollo puede rápidamente integrarse o establecer un criterio del software. Actualmente una de las principales clasificaciones de metodologías de desarrollo de software se puede establecer en función de:

1. Clásicas, la cual está estructurada en forma secuencial con etapas conocidas como: Análisis, diseño, programación, pruebas y puesta en producción o implementación, nacieron en la década de los 60, entre las principales tenemos:
    - Ciclo de vida en cascada Incremental
    - Evolutivo
    - Espiral
    - Prototipos
    - Object Modeling Tecnique (OMT)
2. Metodologías orientadas a objetos, nacen a finales del siglo XX
    - Fusión
    - Object Modelling Technique (OMT)
    - Object Management Facility (OMF)
    - Object Management System (OMS)
    - Unified Process (UP)
3. Metodologías Agiles, son metodologías enfocadas en el producto y la satisfacción del usuario con entregas tempranas e iterativas, entre las principales tenemos:

- Programación extrema (XP)
- Mobile-D (Para dispositivos móviles)
- Scrum
- Crystal
- Evolutionary Project Management (Evo)
- Feature Driven Development (FDD)
- Adaptive Software Development (ASD)
- Lean Development

4. Metodologías formales, son soluciones matemáticas para problemas específicos, las principales son:
   - Red de Pettri
   - RAISE
   - Vienna Development Method (VDM)
5. Metodologías para Web, son metodologías diseñadas para desarrollo de software explicito que se publicara en la web, donde se involucra criterios como el nivel de software intuitivo ya que están destinados a resolver problemas de gestión en su gran mayoría o de esparcimiento, las principales son:
   - Ingeniería web
   - Diseño de webapps
   - Método de diseño de hipermedios orientados a objetos (MDHOO)

(Ignacio & Paola, 2015)

2.2.2 Gestión de Proyectos

Un proyecto, en su acepción clásica relacionada a la dirección de proyectos, según la International Organization for Standardization [ISO] (2021), es “un esfuerzo temporal para lograr uno o más objetivos planteados”, el Project Management Institute (2017),indica que es “Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”, este esfuerzo temporal no es un concepto nuevo en la humanidad, ya que se lo viene realizando desde tiempos inmemorables para la creación de obras como las pirámides Egipcias, santuarios de la américa precolombina como Machu Picchu en Perú o Ingapirca en Ecuador y podríamos

seguir enumerando proyectos realizados por el hombre, estos esfuerzos fueron gestionados de formas diferentes aunque con éxito en cada caso y al realizar un análisis de los trabajos realizados se pudo establecer la teoría de la dirección de proyectos, la cual, la séptima edición del Project Management Institute (2021), establece como la "Aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La dirección de proyectos se refiere a orientar el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos", la International Organization for Standardization [ISO], (2021) la define como "actividades coordinadas para dirigir y controlar el logro de los objetivos acordados", la gestión de proyectos como una estructura preestablecida de procesos, procedimientos y tareas formando en muchos casos metodologías o marcos de trabajo de referencia son tan variadas y han ido evolucionando en función de las necesidades de la sociedad para optimizar recursos, lo cual implica que la teoría está en constante expansión e innovación, no obstante se puede establecer que la gestión de proyectos obedece a una estrategia organizacional ya que los proyectos buscan objetivos que ayudan a concretar las estrategias organizacionales, siendo importante distinguir las bases de los proyectos que se ejecutan, para Kerzner (2018, p. 30), la forma de medir el éxito de un proyecto en una organización es la medida de valor que se puede entregar al cliente, esto implica que el costo y los tiempos de entrega pueden pasar a segundo plano, lo cual puede conllevar a pensar que el posicionamiento de la empresa en el mundo competitivo de negocios puede verse relacionado con el éxito que generen los proyectos en función del valor que cada proyecto entregue a la organización. Sin embargo, antes de llegar a estos conceptos se debe entender que existen enfoques para la dirección de proyectos sobre ambientes controlados o también llamados predictivos, enfoques para los proyectos con ambientes de incertidumbre o adaptativos que pueden ser manejados con metodologías o marcos de trabajo Ágil y enfoques para proyectos híbridos que buscan unir los dos esquemas y aprovechar sus mejores prácticas.

2.2.3 Proyectos Agiles

El origen de la gestión de proyectos agiles, tiene sus inicios en la década de los 90, a través de la gestión de proyectos de desarrollo de software, ya que fue esta la industria inicial donde nacieron las teorías de gestión de proyectos para luego masificarse al resto de industrias, denominadas inicialmente como "ligeras" y posteriormente como agiles, surgen debido a los inconvenientes que se tenía en el desarrollo de software con el método de desarrollo clásico que

era el que prevalecía a esa fecha mediante el esquema de cascada o waterfall como era conocida en Ingles y como mecanismo para reducir el riesgo de fracaso debido a subestimación de costos, tiempos y funcionalidad así como los mecanismos burocráticos requeridos para su aplicación debido al esquema riguroso de análisis, diseño, desarrollo, pruebas e implementación con una estructura secuencial y rígida que establecía roles, actividades y documentación detallada (Cadavid, 2013), es así que surge el desarrollo de aplicaciones rápidas, RAD por sus siglas en ingles de Rapid Applicatión Development con su creador James Martin y la publicación del mismo nombre (Martin, 1991), el cual se esquematiza como una metodología de desarrollo de sistemas de información, que se caracteriza por diseños de aplicaciones conjuntas, es decir equipos de 4 a 8 personas, formado por desarrolladores expertos y usuarios conocedores de la lógica del negocio quienes tienen poder de decisión para establecer definiciones sobre el software, con un enfoque basado en trabajos de desarrollo rápido con una duración de dos a seis meses, los mismos que debían tener incrementos de funcionalidad mediante prototipos en los tiempos de desarrollo mencionados (Beynon-Davies et al., 1999).

En 1996, Kent Beck, Ward Cunninghamn y Ron Jeffries crean una forma de trabajo para desarrollo de software basado en la adaptabilidad, denominada extreme programming, donde los cambios en el transcurso del proyecto son un aspecto natural y que se da siempre en los proyectos para lo cual se prepara un mecanismo de respuesta y acogida al cambio sobre las predefiniciones y estricto cierre de análisis de requerimientos en fases previas al inicio del desarrollo del software, prevaleciendo las relaciones interpersonales del equipo de desarrollo de software con el usuario funcional y operacional del proyecto dando como resultado un buen clima laboral con una base de tres capas y doce prácticas como son:

1. Metodología de programación: aquí se busca simplificar el diseño, procedimientos de control de calidad y verificación de funcionalidad, refactorización y uso de estándares para el código.
2. Metodología de equipo: revisión y democratización del código para el equipo, estrategia de desarrollo basado en codificación en parejas, mecanismos de publicación automática y continua del código, entregas continuas, generalmente semanales e iterativas del código con revisión del cliente.
3. Metodología de procesos: cliente in situ.

(Maida & Pacienzia, 2015, p. 58)

En el 2001, sale a la luz el manifiesto ágil, el cual promulga una serie de postulados que tratan de modificar la gestión de proyectos hasta esa fecha que se basaban en fases del ciclo de vida como son: Inicio, Planeación, Ejecución, Monitoreo y Finalización lo cual parte de definir lo más detallado y profundo posible los requerimientos del proyecto generando documentación extensa de la planificación y medición del proyecto, sin embargo en la praxis, los proyectos pueden tener variaciones en la definición e requerimientos que pueden cambiar drásticamente el riego del mismo, la solución tradicional a estos problemas es el manejo de cambios o la generación de un nuevo proyecto, sin embargo en proyectos de software estos cambios son de alta frecuencia y el uso del procedimiento de cambios, resulta tedioso, extenso y podría llegar a ser burocrático para su aprobación dependiendo de la organización, es que nace el manifiesto por el desarrollo del software que sirve de base de la gestión de proyectos agiles, el cual cita:

Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software

Estamos descubriendo formas mejores de desarrollar software tanto por nuestra propia experiencia como ayudando a terceros. A través de este trabajo hemos aprendido a valorar:

Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas

Software funcionando sobre documentación extensiva

Colaboración con el cliente sobre negociación contractual

Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan

Esto es, aunque valoramos los elementos de la derecha, valoramos más los de la izquierda (*Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software*, 2001).

2.2.4 Principales Metodologías y marcos de trabajo en Gestión de Proyectos

En el análisis de la actualidad, entre las principales metodologías o marcos de trabajo para gestión de proyectos tradicionales en esquemas predictivos, así como para proyectos ágiles se encuentran:

2.2.4.1 Project Manager Institute PMI

Es una metodología de gestión de proyectos que hasta la sexta edición que la despliegan en el PMBOK se basan sobre procesos para diez áreas de conocimiento en 5 grupos de procesos (Project Management Institute, 2017, p. 25) diseñado para proyectos de ambiente controlado y calificado de predictivos, en su séptima edición el PMI, sin contrariar el enfoque basado en proyectos hace énfasis en una gestión eficaz de los proyectos basados en entrega de valor total es decir un enfoque adaptativo mediante una visión sistémica, pasando de las 10 áreas de conocimiento a ocho dominios de desempeño , entendiéndose como dominio de desempeño como un grupo de actividades que interactúan para conseguir los resultados del proyecto en forma efectiva (Prefacio Project Management Institute, 2021, p. viii).

2.2.4.2 ISO 21500:2021

La norma es similar al PMBOK con grupo de procesos y grupo de materias, el grupo de materias son equivalentes a las áreas de conocimiento como son : integración, adquisiciones, comunicaciones, parte interesada, recursos, alcance, riesgos calidad, tiempo, recursos y costos y los grupos de materias son: Inicio, planificación, implementación, control y cierre (International Organization for Standardization [ISO], 2021).

La norma ISO 21500:2021 proporciona directrices internacionales para la dirección y gestión de proyectos, ofreciendo un marco de referencia para profesionales, los puntos clave son:

- Alcance y Objetivos: Se define los conceptos, procesos y términos relacionados con la dirección de proyectos.
- Principios de la Dirección de Proyectos: Establece siete principios fundamentales que sirven como base para una gestión efectiva de proyectos.
- Procesos de Dirección de Proyectos: La norma identifica y describe 10 procesos genéricos para la dirección de proyectos, que abarcan desde el inicio hasta el cierre del proyecto y los procesos están divididos en grupos, como son:
    - Inicio
    - Planificación
    - Ejecución

    - Control y cierre,
- Roles y Responsabilidades: Describe los roles clave involucrados en la dirección de proyectos, estos roles son:
    - Director de proyecto,
    - Sponsor
    - Equipo de proyecto
    - Otros interesados.
- Competencias y Habilidades: La norma enfatiza la importancia de contar con competencias y habilidades adecuadas para la gestión de proyectos.
- Gestión de Riesgos y Calidad: Proporciona directrices para la gestión de riesgos y calidad en el contexto de la dirección de proyectos, destacando la importancia de la identificación, evaluación y control de los riesgos, así como la planificación y garantía de la calidad en todas las etapas del proyecto.
- Gestión de Partes Interesadas: Reconoce la relevancia de involucrar y gestionar a las partes interesadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto, asegurando su participación activa y gestión de expectativas para el éxito del proyecto.

2.2.4.3 Marco Lógico MML

La Metodología de Marco Lógico también conocida como Enfoque de Marco lógico (EML) o matriz de marco lógico, permite la conceptualización, diseño, ejecución y evaluación, se orienta en la consecución del proyecto por objetivos y permite la comunicación con los grupos que reciben el proyecto, utilizada en la gestión de proyectos, especialmente en el ámbito del desarrollo internacional y la cooperación, sus principales componentes son(Ortegón et al., 2015):

- Análisis de Problemas: Comienza identificando y analizando los problemas existentes, busca comprender las causas y efectos de los problemas a abordar por el proyecto para lo cual hace uso del llamado "Árbol de Problemas", que muestra la relación entre las causas y los efectos del problema central.
- Análisis de Objetivos: Se centra en definir los objetivos del proyecto, para lo cual se dividen en diferentes niveles:
    a. Objetivo general (impacto deseado a largo plazo)

b. Objetivos específicos (resultados esperados)
c. Resultados
d. Actividades
e. Recursos necesarios

- Matriz del Marco Lógico (MML): Es la herramienta central del Marco Lógico, donde se sintetiza toda la información obtenida en los análisis de problemas y objetivos, la MML incluye cuatro componentes principales:
    - Resumen Narrativo: Describe de manera concisa el proyecto, incluyendo su propósito, objetivos, resultados esperados y actividades.
    - Indicadores: Son medidas específicas y cuantificables que permiten monitorear el progreso hacia la consecución de los objetivos, se dividen en indicadores de insumo, producto, resultado e impacto.
    - Medios de Verificación: Son las fuentes y métodos utilizados para recopilar datos y verificar si se están logrando los indicadores establecidos.
    - Supuestos: Son condiciones externas fuera del control del proyecto que podrían influir en su éxito o fracaso.
- Planificación y Gestión del Proyecto: Basado en la Matriz del Marco Lógico, se establece el plan de trabajo detallado.
- Seguimiento y Evaluación: Durante la ejecución del proyecto, se monitorean los indicadores definidos en la MML para evaluar el progreso y hacer ajustes si es necesario. La evaluación final del proyecto se compara con los objetivos y resultados previstos para determinar el impacto real y el cumplimiento de los objetivos.

2.2.4.4 Projects in Controlled Environment PRINCE 2

Esta metodología está basada en 7 procesos de gestión eficaz de proyectos como son: poner en marcha un proyecto, dirigir un proyecto, iniciar un proyecto, controlar una etapa, gestión de la entrega del producto, gestión de los límites de una etapa y cerrar un proyecto, además de 7 principios como son justificación comercial continua, aprender de la experiencia, roles y responsabilidades definidos, gestión por fases, gestión por excepción, orientación a

productos, adaptación para la gestión eficaz de los proyectos (PRINCE2, 2016), los cuales hacen énfasis en los productos basados en la planificación mediante fases que ayuden a controlar el proyecto con un manejo dirigido o favorable para el proyecto de la flexibilidad.

2.2.4.5 Scrum

Se autodefine como un “marco ligero que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptables para problemas complejos“ (Schwaber & Sutherland, 2020), bajo las referencias del escrito, Scrum es simple y deliberadamente creado de forma incompleta para que se pueda adaptar a los diferentes proyectos, en diferentes organizaciones, lo cual implica que no existe un conjunto de reglas y pasos a seguir sino que se basa en la inteligencia colectiva del grupo de trabajo. Scrum está basado en empirismo, así como Lean y es iterativo e incremental que, conjugados, minimizan el riesgo debido a la transparencia, adaptabilidad e inspección sobre los que se basa este marco de trabajo, que posee 3 pilares empíricos como son: transparencia, inspección y adaptación, propone el análisis de requerimientos mediante elementos de trabajo pendiente, los cuales son desglosados para crear el Product backlog, el mismo que se divide en fases que se llaman sprint. Posee tres roles que son Scrum master, quien es el responsable de dar a conocer la filosofía de Scrum , capacitar al equipo promoviendo el incremento de valor para el proyecto y revisar cualquier problema que tenga el equipo, realizando tareas que eliminen los impedimentos para el progreso y consecuentemente faciliten el conseguir el éxito de cada Sprint y del proyecto, el Product owner, quien es el responsable de priorizar los trabajos a realizar y entregar en cada Sprint así como comunicar el objetivo y requerimientos a realizar y finalmente el equipo Scrum o miembros del equipo de desarrollo quienes son los que realizan las labores requeridas para terminar el Sprint, todo esto en 5 tipos de eventos como son: Sprint, considerado el núcleo o corazón del marco de trabajo de 1 mes o menos donde se genera el valor del proyecto, Sprint planning, donde se determina los trabajos a realizar en base a las directrices del Product Owner para agregar valor en debate con el equipo de trabajo durante un máximo de 8 horas para un Sprint de 1 mes, el Daily Scrum, es un evento que tiene una duración máxima de 15 minutos, se recomienda realizarla de pie para evitar se tenga comodidad y dure más de lo previsto y se busca inspeccionar el estado de los trabajos asignados donde puede o no estar el Producto owner o el Scrum master según sea la naturaleza del trabajo, el Sprint review es un evento, donde se presenta los resultados a los interesados en un

máximo de 4 horas discutiendo el progreso en función del objetivo del proyecto, se remite a una presentación, el Sprint retrospective tiene como finalidad planificar las formas de aumentar la calidad y eficacia revisando o acontecido en el Sprint entregado, el tiempo máximo es de 3 horas para un Sprint de 1 mes. Scrum posee 3 artefactos como son: Product backlog, Sprint BackLog, Increment,

2.2.5 Valor ganado

La gestión del valor ganado (EVM) según el Project Management Institute, se define "como una metodología que combina alcance, cronograma, y mediciones de recursos para evaluar el desempeño y el progreso del proyecto" (2019, p. 1), para Rodney Turner, la Gestión del valor ganado, EVM por sus siglas en Ingles, es una " Metodología utilizada para medir y comunicar el progreso físico real de un proyecto e integrar los tres elementos críticos de la gestión de proyectos (alcance, tiempo y costo)" (Turner, 2014), mientras que para el PMI, un EVM es "como una metodología que combina mediciones de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el progreso del proyecto" (Project Management Institute, 2019). SEVM por sus siglas en Ingles de Sistema de gestión de valor ganado lo definen como "un conjunto de principios, métodos, procesos, prácticas y herramientas para gestionar el desempeño de un proyecto."(Project Management Institute, 2019, p. 1), entre los objetivos que persigue esta metodología es el incremento de eficiencia y una mejor probabilidad de cumplir exitosamente el proyecto, este concepto que nace en proyectos de Ingeniería civil para obras se ha extendido a varias industrias en proyectos de ambiente controlado sin embargo de existir en proyectos con incertidumbre su uso se limita debido a la falta de un esquema dinámico que permita medir dinámicamente los ambientes inclinados al cambio.

La línea base de un proyecto conocido como PMB por sus siglas en inglés, es la suma del alcance inicial, el cronograma establecido y los costos que inicialmente se prevé tener para dicho costo y sobre la línea base se fundamenta la EVM para determinar el concepto de valor ganado generalmente en términos financieros, sin embargo la técnica está abierta para tener otras unidades como sería eficiencia en función del tiempo asignado, rendimiento e integración del equipo de trabajo independientemente del enfoque del tipo proyecto, lo cual incluye a proyectos adaptativos (Project Management Institute, 2019). El incremento del rendimiento de un equipo podría verse afectado en un sentido positivo debido al uso del análisis de valor ganado en etapas

iniciales del proyecto ya que permite medir el esquema planteado y las posibles desviaciones que se puede presentar dando el pie para la integración del equipo en función de un objetivo global en el futuro del proyecto.

Tradicionalmente el EVM se usa para predecir el proyecto, buscando respuestas a preguntas como el trabajo planeado del proyecto sobre el trabajo real, la fecha de finalización, tiempo requerido para finalizar , presupuesto total del proyecto para terminar, costo del proyecto ,entre las principales, sin embargo la metodología puede establecerse para estructurar mediciones en Sprint para tener valores de las fases y seguir la metodología de Scrum, estas medidas en cada Sprint permitiría medir el nivel de eficiencia, la integración del equipo y el rendimiento logrando de esta manera apropiarse de los beneficios del análisis como son: visualización de alcance, costo y cronograma, mantener informado a los interesados de la eficiencia y rendimiento de los trabajos realizados con lo cual aporta al pilar empírico de Inspección de Scrum, centra al equipo en medidores de desempeño, mide el rendimiento del equipo pero desde ningún punto de vista o análisis sirven para pronosticar trabajos en los Sprint.

2.2.6 Indicadores e Índice Sintético

Los indicadores de gestión de proyectos, han atravesado varias etapas, donde inicialmente se caracterizaban por la formalización de la planeación de proyectos y la gestión durante el proyecto para posteriormente pasar a buscar la optimización de la gestión de proyectos y paulatinamente pasar a la automatización de la gestión de proyectos para finalmente establecer interconexión de los trabajos y tareas realizadas mediante el análisis de los datos permitiendo la comunicación entre los participantes dando seguimiento y control desde enfoques variados como la apertura al cambio, control en tiempo real y gestión detallada(Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 54,55).

Existen varios tipos de indicadores, entre los más relevantes tenemos (Montero Fernández-Vivancos, 2016):

- Económicos Financieros, en la mayoría de índices basado en el retorno de la inversión relacionando a las ventas, a los ingresos, a los gastos, costos, gastos, etc.

Los principales indicadores financieros se los puede visualizar en la siguiente tabla (Amat,2002, como se citó en Montero Fernández-Vivancos, 2016, p. 33)

Tabla 1.

Principales indicadores económicos financieros

Tipo	*Nombre*	*Descripción*
Liquidez	Liquidez general	$\frac{\text{Activo Circulante}}{Pasivo\ Circulante}$
	Liquidez inmediata	$\frac{Activo\ Circulante - Existencias}{Pasivo\ Circulante}$
	Tesorería	$\frac{Activo\ realizable + Activo\ disponible}{Pasivo\ Circulante}$
	Disponibilidad	$\frac{Activo\ disponible}{Pasivo\ Circulante}$
	Período medio de cobro	$\frac{Saldo\ \text{medio}\ de\ cuentas\ a\ cobrar}{Ventas\ netas} \times 365$
	Rotación de los deudores	$\frac{Ventas\ netas}{Saldo\ \text{medio}\ de\ cuentas\ a\ cobrar}$
	Período medio de pago	$\frac{Saldo\ \text{medio}\ de\ cuentas\ a\ cobrar}{Compras\ netas} \times 365$
	Rotación de existencias	$\frac{Consumo\ de\ mercancías}{Existencias\ medias}$
	Días en almacén	$\frac{Existencias\ medias}{Consumo\ de\ mercancías} \times 365$
	Fondo de maniobra sobre activo	$\frac{Fondo\ de\ \text{maniobra}}{Activo}$
	Fondo de maniobra sobre deudas a corto plazo	$\frac{Fondo\ de\ \text{maniobra}}{Pasivo\ Circulante}$
Endeudamiento	Endeudamiento	$\frac{Pasivo}{Fondos\ \text{propios} + Pasivo}$
	Autonomía	$\frac{Fondos\ \text{propios}}{Pasivo}$
	Calidad de la deuda	$\frac{Pasivo\ Circulante}{Pasivo}$
	Coste medio del pasivo	$\frac{Gastos\ \text{financieros} + Dividendos}{Pasivo}$
	Cobertura de los gastos financieros	$\frac{\text{Beneficio}\ antes\ de\ Intereses\ \text{e Impuestos}}{Gastos\ \text{financieros}}$

- Control y gestión de la calidad, basado generalmente en la calidad impulsado por métodos estadísticos que buscan establecer las diferencias entre los productos creados obteniendo enfoques de gestión de eficiencia y eficacia, la excelencia como un enfoque particular de la gestión de calidad busca además de las mediciones económicas, las no económicas.
- Indicadores para la Gestión, existen varios modelos que permiten vislumbrar los índices de gestión para una empresa entre los más importantes tenemos:
    - Balanced Sccorecard de 1992 propuesto por Robert Kaplan y David Norton (Kaplan & Norton 1992), basándose en:
        - Finanzas
        - Clientes
        - Procesos Internos
        - Recursos y aprendizaje
    - Los propuestos por James Harrington que hace mención a los enfoques de medición entre lo que se ejecuta en los procesos internos y el cliente externo (Harrington & Harrington 1995)., los tipos de indicadores a los que hace referencia son:
        - Indicadores de eficacia
        - Indicadores de eficiencia
        - Indicadores de adaptabilidad, enfocado en la adaptación a los cambios, así como busca identificar la satisfacción de las necesidades y expectativas de clientes externos.
    - Rentabilidad de Gestión, propuesto Robert Simons y Antonio Dávila expresada en la relación entre Energía productiva liberada de la organización sobre tiempo y atención invertidos (Simons & Davila 1998).
    - Capital Intelectual, el cual busca medir los recursos intangibles de la empresa mediante la fórmula de Capital intelectual = Capital humano + capital estructural, donde lo intelectual es propio del empleado y lo estructural es lo que posee la empresa (Edvinsson & Malone 1997).
    - Índice de Rendimiento, enfocado a la consecución de resultados en base a la ponderación de varios indicadores (Riggs & Felix 1983), los ponderados

son indicadores de medida, factores de ponderación, sistemas de puntuación común, medidas de rendimiento del grupo. Estos indicadores son lo de mayor impacto sobre la implementación de un proyecto (Qureshi et al. 2009), en este sentido la adquisición de conocimiento y la transferencia de conocimiento están en referencia al análisis de los resultados presentados mediante indicadores claves de éxito (Todorović et al. 2014).

(Montero Fernández-Vivancos, 2016), referencia que la revisión del proyecto, su avance y expectativa por el futuro del mismo es un mecanismo deseado en la gestión de proyectos y es considerado como el inicio de la planificación y factor de éxito (Munns & Bjeirmi 1996; Atkinson 1999; Cooke-Davies 2002), en este contexto se puede establecer que existe una relación directa entre el rendimiento del proyecto y el éxito del proyecto (Frinsdorf et al.2014; Mir & Pinnington 2014).

2.2.6.1 Diseño y Construcción de indicadores

Los indicadores hacen referencia a un valor medido que representa la cuantificación o cualificación de proceso, procedimiento o estado, en este contexto el indicador es algo que se puede determinar y comparar, por lo cual se puede establecer esquemas generales para determinar indicadores que sirvan para un determinado fin. Con este antecedente, se ha determinado una metodología que permita definir indicadores, en caso de que se requiera un indicador que apoye la investigación y no exista previamente diseñado, es así que se definió la propuesta de Rodríguez (Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 71) con variaciones del diseño de indicadores bajo la metodología de Marco Lógico (Ortegón et al., 2015)para lo cual es importante se tenga en cuenta las siguientes definiciones:

- Contar: “Medir con un número porcentaje o moneda”
- Comparar: “frente a un valor de referencia estableciendo así si es óptimo, aceptable o inaceptable”.
- Evidencia: “ser clara y con un significado específico”.
- Objetivo: “El indicador debe contribuir a un objetivo”.

- Tiempo: “Progreso en un período de tiempo”.

De la misma manera, se debe determinar que un indicador debe constar de los siguientes atributos:

Objetivo

Indicador

Fórmula de calculo

Tipo de Indicador

Unidad de Medida

Medios de verificación

Responsable

2.2.6.1.1 Paso 1: Definir Objetivo.

Los indicadores deben estar en base de los objetivos de investigación, objetivos parciales de etapas o datos de hipótesis requeridas o ejecución del proyecto, el mismo que debe ser claro y conciso para establecer un beneficio, según Rodríguez el objetivo del indicador debe contribuir al proyecto o investigación, ser importante y diferente a los existentes, así como Realista (se puede conseguir con los recursos disponibles), Eficaces, Coherentes y Cuantificables.

2.2.6.1.2 Paso 2: Describir los resultados

Definir los objetivos buscados de manera clara y expresados en indicadores de rendimiento, se debe buscar el uso de palabras no técnicas y tratar de que sea lo más comprensible para todo el que lo lea, Rodríguez explica que uno de los principales problemas es centrarse en las actividades, planes o estructura del proyecto más que en el resultado esperado.

2.2.6.1.3 Paso 3: Identificar los parámetros de la medición.

Este paso, es según el autor, es el más importante y detallado, para lo cual se inicia indicando que existen características clave que deben buscarse para identificar los parámetros de la medición del indicador, es importante notar que en este punto no se tiene definido el indicador aun y en esta fase se está validando si se trata de un indicador, en este sentido los parámetros antes mencionados deben asegurar que se pueda describir claramente el indicador, así sea sin un nombre de indicador, además que esta descripción antes mencionada sea susceptible de poder medirse y finalmente que se pueda asignar un responsable. Rodríguez, menciona que el diseño de los indicadores debe ser considerado en función de dos dimensiones, la de dirigir y retraso, siendo la primera acción definida para lograr resultados y el retraso se entiende como él o los factores que determinan el éxito o fracaso del posible indicador, en este punto, ya se podría determinar un nombre para el indicador. Como mecanismo de apoyo se puede usar las siguientes preguntas para ser valoradas en una escala de alta, media y baja, así como establecer criterios:

1. ¿Cuál es el objetivo de la gestión del proyecto que se relaciona con el indicador?
2. ¿Qué se busca saber con la medición del indicador?
3. ¿Cuál es el nivel de complejidad del proceso de consecución de los datos requeridos para calcular o medir el indicador?

Las preguntas se estipula se lo realice en el orden antes dictado y se aplica con escalas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2.

Escala de valoración para creación de indicadores

	Aplicabilidad	*Valor Relativo*	*Facilitar Identificación*
Alta	Esta medida da información para determinar si se cumple el objetivo asociado.	Importante para el proyecto, es un indicador de primera línea, por ejemplo: Ganancia. Importante para los accionistas / interesados independientemente de su asociación con los objetivos de proyecto	Esta medida está disponible en los sistemas de datos existentes o se puede calcular fácilmente a partir de la información existente en los sistemas de información habilitados para la ejecución del proyecto

Medio	Esta medida da suficiente información para tomar una decisión informada en cuanto al cumplimiento del objetivo para lo cual requiere información extra u otra medida	Esta medida no está específicamente asociada con cualquier objetivo de negocio, pero puede contribuir a la eficacia de otros indicadores clave de rendimiento	Esta medida no existe y sería necesario un nuevo proceso para recoger la información. La tarea no sería costosa y valdría la pena el esfuerzo
Baja	Esta medida no da información en absoluto y en el mejor caso permite hacer una suposición razonable	Esta medida se ha solicitado, pero no contribuye significativamente	Esta medida no existe y requeriría un cambio significativo en las prácticas de trabajo que parecería razonable en este momento

2.2.6.1.4 Paso 4: Definir Umbrales y Formula.

Se requiere definir los resultados aceptados como buenos, así como los resultados que se entiende son malos, para lo cual se debe establecer una línea base de cada indicador y definir la fórmula que podrá establecer el valor, se debe expresar unidades de medida que se expresen como coeficiente:

$$\left(\frac{Numerador}{Denominador}\right) * 100$$

2.2.6.1.5 Razón entre dos variables con una misma unidad de medida

Ejemplo:

Numerador = Población

Denominador= Universo

Unidades: Número de personas, Km, solicitudes, elementos totales del proyecto, elementos del Sprint, etc.

Expresada como Tasa de variación de una misma variable, pero en diferentes periodos.

Ejemplo:

Tasa de variación de incremento en peso de elementos de trabajo

$$\left(\left(\frac{Peso\ de\ elementos\ del\ Sprint\ 2}{Peso\ de\ elementos\ del\ Sprint\ 1}\right) - 1\right) * 100$$

Suponiendo valores de ejemplo $\left((1{,}0625) - 1\right) * 100$ = 6.25%

Tasa de variación de disminución en peso de elementos de trabajo pendiente

$$\left(\left(\frac{Peso\ de\ elementos\ del\ Sprint\ 1}{Peso\ de\ elementos\ del\ Sprint\ 2}\right) - 1\right) * 100$$

Suponiendo valores de ejemplo $\left((0{,}72777) - 1\right) * 100$ = -27,7%%

2.2.6.1.6 Relación entre dos variables con distintas unidades de medida.

Ejemplo: Tiempo promedio, costo promedio

$$\left(\frac{Numerador}{Denominador}\right) = unidades\ promedio\ del\ numerador\ por\ cada\ unidad\ del\ denominador$$

Ejemplo = Esfuerzo promedio de ejecución por elemento

$$\left(\frac{Suma\ de\ puntos\ de\ esfuerzo\ en\ el\ Sprint\ t}{Suma\ de\ historias\ de\ usuario\ realizadas\ en\ el\ Sprint\ t}\right)$$

Es importante destacar que aquí se define la formula, tipo de Indicador y unidad de medida.

2.2.6.1.7 Paso 5: Interpretación de Resultados

En esta etapa se procede a registrar los valores que son datos propios del proyecto y posterior interpretar los resultados para determinar la calidad del indicador, así como determinar la importancia de la periodicidad de las mediciones e interpretaciones por cada indicador.

2.2.6.2 Índice Sintético

El índice sintético, es un mecanismo que permite visualizar el estado de un proceso, procedimiento o conjunto de directrices que guardan relación en un solo valor, para lo cual es necesario determinar algunos datos, al respecto Moreno & Gálvez mencionan:

Un índice sintético, se lo puede considerar como una reducción o abstracción de una realidad plasmada en un valor fácilmente digerible y por lo tanto de fácil entendimiento para todos, Moreno & Gálvez (2023), establece que los indicadores sintéticos son el resultado de la conjunción de varios indicadores parciales que están relacionados y que dan un resultado sintetizado que permiten realizar análisis temporales en base a históricos de realidades similares, esta definición permite establecer la relación única y sus beneficios que el concepto aportaría a un incremento de valor ganado, rendimiento e integración de equipos al permitir valorar de manera sencilla la conjunción de los indicadores mencionados en un único índice.

Existen varias metodologías para la creación de indicadores sintéticos, entre las principales o con mayor frecuencia de uso tenemos la metodología OCDE/CCI, donde la estructuración de los valores a medir así como la ponderación y agregación son el centro del proceso y en gran medida ejercen una clara influencia en el éxito del resultado que se va obtener, en esta metodología el énfasis en el enfoque a tomar para la creación del indicador sintético está en las definiciones de la mecánica de síntesis, la definición de la aritmética aditiva o geométrica multiplicativa, la magnitud y el sentido, así como definir los indicadores generales que crearan el índice sintético y el establecimiento de la correlación que existen en los indicadores generales catalogándoles de correlación fuerte o débil también llamada desequilibrada.

Otra técnica es el Análisis de componentes principales ACP, que permite disminuir dimensiones, variables o indicadores bases mediante técnicas de estadística, esta reducción tiene como objetivo perder la menor cantidad de información, este componente es la selección de factores, las variables que no fueron eliminadas, es decir las que formaran parte del índice son alineadas para generar una combinación en función de la magnitud y del signo que genere dicha combinación, aquí se usa una técnica de juicio de expertos para la interpretación y en conjunto general es denominado la matriz de correlaciones. Finalmente la matriz factorial, que permite establecer coeficientes factoriales de las variables o indicadores que obedecen a la correlación de los componentes factoriales para como ultimo componente proceder a los cálculos de las puntuaciones factoriales (Gurrea, 2000).

El análisis factorial AF, establece que la varianza, se debe a un conjunto reducido de variables iniciales y que dicha varianza es producto de su correlación y que existen factores únicos que perturban siendo

X= A.F +U donde

X = vector de variable originales

A = matriz de cargas factoriales

F = factor de vectores comunes

U = Factor del vector único

p= variables originales

q= variables

$X_{it}^{k} = \sum_{j=1}^{q} a_{ij}^{k}.F_{jt}^{k} + U_{it}^{k}$ (con i = 1,2,…..,p)

Donde F_{jt}^{k} (con i = 1,2,…..,q) es conocido como factor scores o el número de observaciones, esta técnica se usa generalmente con carácter exploratorio y en muy pocas ocasiones para confirmar (Moreno & Gálvez, 2023).

El uso del término medición denota un factor basado en una escala ampliamente aceptada en unidades de fácil reproducción, para sociólogo la medida es un tema más abstracto que se caracteriza por su objeto de trabajo, el trabajo en equipo y la integración de equipos de trabajo como consecuencia natural del trabajo que se pueda generar en el equipo es una medida que requiere para el desarrollo de software sea aterrizado de aspectos cualitativo en aspectos cuantitativos, sea mediante matrices de conversión o escalas con pesos asociados, los supuestos que se tiene que asumir como parte del proyecto establecen ese marco conceptual que busca la conversión de las variables cualitativas en cuantitativas y calificar específicamente la integración de los equipos de trabajo con base en los trabajos que realice el equipo, lo cual presupone que no bastara únicamente calificaciones cualitativas sino unir a la medición de entregables basados en la comunicación y el entendimiento.

Según M. D. Serrano et al.(2011), las técnicas más usadas para obtener medidas sintéticas a partir de un sistema de subindicadores previos, se puede resumir en:

2.2.6.2.1 Agregación Simple.

Estos métodos usan proyecciones lineales unidimensionales con lo cual se consigue agruparlos de manera no homogénea y pueden llegar a determinar medidas ponderadas, operativamente son difíciles de estructurar y validar resultados además que son difíciles de interpretarlos. Estos métodos omiten las relaciones que pudieran existir entre los subindicadores, lo cual puede conllevar a grandes dificultades si se incorporan variable con correlaciones significativas entre ellas ya que se puede llevar a distorsiones en los resultados debido al grado de correlación en esas variables.(M. D. Serrano et al., 2011)

2.2.6.2.2 Métodos Participativos.

Los métodos participativos permiten obtener índices o medidas sintéticas en función de suman ponderadas en base a evaluaciones subjetivas producto de valoraciones de individuos, un acápite especial se versa en que, si el indicador es cualitativo, el valor final es la suma ponderada de los valores referenciados. Los métodos más usados son el de panel de expertos y opinión pública, lo cual establece su mayor inconveniente ya que las evaluaciones son subjetivas y están en base al conocimiento y experiencia de los individuos que valoran el indicador.

2.2.6.2.3 Técnicas de análisis multivariante.

Las técnicas de análisis multivariantes, superan los problemas de una doble contabilización de valores en indicadores debido a las fuertes correlaciones entre variables analizadas y a la subjetividad y diferencia de conocimientos entre los evaluadores de los indicadores, sin embargo, la interpretación de la medida sintética obtenida presenta problemas debido a la dificultad de interpretación.

2.2.6.2.3.1 Análisis de Componentes principales ACP

El análisis de componentes Principales, según M. D. Serrano et al. (2011) es una “técnica multivariante de la interdependencia”, ya que todas las variables tienen un peso equivalente, que en términos de la técnica se expresan en una importancia equivalente donde principalmente se busca minimizar o reducir el número de variables a analizar, por lo que es conocido como componentes principales, esperando conseguir la explicación de la mayor variabilidad del sistema

con el menor número de componentes no correlacionados, con el objetivo que sea suficiente y basto en los términos de la investigación, cada componente se asocia con un "autovalor" o "eigenvalor", que mide la proporción de la variabilidad total explicada por dicho componente, la suma de los autovalores de todos los componentes es igual a la varianza total del conjunto de datos original. Para este fin existen varios criterios como son: El criterio de la media aritmética (Kaiser, 1958), el criterio del contraste de caída o scree plot o gráfico de sedimentación propuesto por Raymond Cattell, el cual permite definir el número de componentes que se debería conservar (Cattell, 1966), finalmente de los principales criterios tenemos, el criterio del porcentaje de la varianza explicada (Liou et al., 2004).

2.2.6.2.3.2 Análisis Factorial

El análisis factorial, es una técnica multivariante que busca factores comunes que expliquen la varianza compartida entre variables, se lo considera útil cuando hay alta correlación entre indicadores y se necesitan factores latentes, aunque requiere que el sistema de indicadores sea homogéneo, también al igual el ACP, reduce el número de variables y es difícil de interpretar debido a que esta técnica busca encontrar relaciones matemáticas para generar igualdades de las variables originales con variables en común y componentes adicionales propios de la variable.

2.2.6.2.3.3 Escalamiento Óptico.

Esta técnica permite usar variables categóricas, las cuales están muchas veces involucradas con investigaciones cualitativas, mezclando así los datos de variables numéricas y categóricas como es el Análisis de Componentes principales categóricos (Categorical Principal Components Análisis o CATPCA) permitiendo reducir el número de variables para analizar con la menor perdida de información, de esta manera el propósito principal del escalamiento óptimo es encontrar cuantificaciones de las variables cualitativas de tal manera que las relaciones entre categorías representen de la mejor manera la estructura de los datos. La técnica asigna puntuaciones a las categorías, convirtiéndolas en valores métricos para ser usadas en un análisis de componentes principales (ACP) o en otros tipos de análisis multivariantes y las principales ventajas entre las que destaca que se puede usar la información de múltiples variables de entrada sin que sean linealmente independientes además que puede trabajar con matrices incompletas si no supera el 10% de valores faltantes y los valores estén aleatoriamente distribuidos (M. D.

Serrano et al., 2011). Como ventaja del análisis multivariante con escalamiento optimo sobre métodos de regresión tradicional, se destaca que se puede usar la información varias variables de entrada, sin que sea necesario que las mismas sean linealmente independientes

2.2.6.2.3.4 Análisis Conjunto

Esta metodología evalúa las preferencias de los individuos sobre combinaciones de atributos o características, permitiendo calcular la importancia de cada uno en la valoración global de una alternativa, para lo cual se determina la importancia relativa de diversos atributos de un producto o servicio en la toma de decisiones de los individuos y se trata de obtener ponderaciones o "utilidades parciales" para cada atributo que reflejan su contribución al valor o preferencia global.

Esta metodología es útil para medir la importancia relativa de diversos factores en un índice, sin embargo, el número de atributos debe ser limitado para evitar una complejidad excesiva, además de que la recolección de datos puede ser costosa, y los resultados dependen de la selección de atributos y la muestra utilizada. (M. D. Serrano et al., 2011).

2.2.6.2.4 Indicadores basados en Distancia

Estas metodologías tratan de buscar una estructura comparativa con las medidas de las variables cuando parten hasta cuándo se encuentran en el estado ideal, la medida sintética que se obtiene de procesos que nos son normalizados, debido al uso de desviaciones estándar, con lo cual llegan a valores de una escala adimensional, otra ventaja es que el analista no debe establecer valores para los pesos de las variables y finalmente la interpretación de los resultados es fácil de realizar, sin embargo depende del orden en el cual se introduzca las variables con lo cual determina los valores de coeficiente de determinación. (M. D. Serrano et al., 2011).

2.2.6.2.5 Técnicas de análisis multicriterio

Esta técnica se fundamenta en la asignación de pesos a los criterios así como la ejecución de un procedimiento de agregación, según M. D. Serrano et al., (2011), las principales técnicas son:

2.2.6.2.5.1 Teoría de la Utilidad Multiatributo

Esta técnica está determinada en función del aporte que el analista cree que la selección le va aportar dentro de un ambiente de incertidumbre, la principal ventaja es la facilidad de uso y que es muy intuitivo, sin embargo, se ha detectado que al tener que seleccionarse el conjunto de ponderaciones en cualquiera de los esquemas validos existe un nivel de subjetividad inicial el cual es sumado al hecho que se debe establecer la utilidad de cada indicador lo cual implica decisiones subjetivas (M. D. Serrano et al., 2011).

2.2.6.2.5.2 Proceso Analítico Jerárquico

Es una técnica multicriterio discreta, las cuales se basan en varias fases de agregación para obtener una medida sintética, al estructurar en forma jerárquica el procedimiento se traduce en una mayor transparencia, además permite trabajar con variables cuantitativas y cualitativas, así como es considerada de fácil uso para el analista. Sin embargo, también padece de una valoración subjetiva en la elaboración de la medida sintética, así como requiere un excesivo recalculo computacional para obtener resultados, así como una alta sensibilidad a los cambios en los indicadores y los resultados de la medida sintética que se produce. (M. D. Serrano et al., 2011).

2.2.6.2.5.3 Método de sobre calificación.

El método de sobre calificación se aplica a los subindicadores, estos métodos se basan en el concepto teórico de la relación de superación, el cual implica la comparación binaria de variables, procedimiento que se ejecuta para todas las variables. Es una técnica de fácil uso para el analista, además el uso de una función de preferencia para todas las variables permite crear una escala adimensional y finalmente el uso del concepto de la relación de superación permite interpretar los resultados de forma fácil.

Sin embargo, debido a que existe un alto número de indicadores, incrementa la subjetividad, así como la necesidad de un amplio nivel de conocimientos técnicos por parte del analista (M. D. Serrano et al., 2011).

2.2.6.2.5.4 Procedimientos de agregación no compensatorios

Estos procedimientos evitan el carácter compensatorio de los pesos asignados a los indicadores, esta compensación podría generar que las desventajas en cierto indicador o grupos de indicadores sean compensadas. Este procedimiento es de fácil uso y no necesita normalizar los datos iniciales al tomarse la información ordinal, sin embargo, tiene un alto nivel de subjetividad debido a la aplicación de ponderaciones iniciales y se puede perder la intensidad de preferencia. (M. D. Serrano et al., 2011).

2.3 Marco Conceptual.

2.3.1 Generalidades.

Dentro de la investigación propuesta para establecer un modelo de índice sintético para determinar el nivel de avance en proyectos ágiles con Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de Software en Quito Ecuador en el periodo del 2023 al 2025, es necesario hacer una referencia de los principales conceptos que se enmarquen en el marco teórico presentado y que permitan entender fácilmente los postulados que se emitan o que se establezcan como conclusión para ellos se tratara de sintetizar la información más relevante y la orientación que se escogió en la siguiente sección.

2.3.2 Definición de conceptos.

2.3.2.1 Desarrollo de software.

Los conceptos más importantes para software son:

- Software es la creación de un conjunto de instrucciones lógicas que se agrupaban en programas, procedimientos y documentación relacionada que permiten operar el hardware de una computadora (Mclver & Flynn, 1976)
- Programas informáticos, procedimientos y posiblemente documentación y datos asociados relacionados con el funcionamiento de un sistema informático. (“IEEE Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology”, 1990)

La Ingeniería de software, se lo puede visualizar como una asociación de conocimientos requeridos para crear software de manera estructurada y que permita minimizar tiempos y costos siguiendo mejores prácticas, los principales conceptos que se pueden destacar son:

- Ingeniería de Software es el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software (Zelkowitz, 1978).
- Ingeniería de software es la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas de computadora y a la documentación asociada requerida para desarrollar, operar y mantenerlos. Se conoce también como Desarrollo de Software o Producción de Software (Boehm, 1976).
- Ingeniería de software es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software, es decir, la aplicación de la ingeniería al software (“IEEE Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology”, 1990)

Para el proyecto de investigación, las definiciones que usaremos son en software e ingeniería de software la de la IEEE, debido a que son pertinentes y tienen una visión más actual.

Metodología, como definición más importante tenemos:

- “Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una expo sición doctrinal.” (Real Academia Española, s.f., definición 2).
- Para el Project Management Institute (PMI), la definición de metodología es un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina (Project Management Institute, 2021, p. 45)

Metodología de proyectos tenemos:

- Estructuras que permiten conseguir los objetivos en los proyectos, se conciben como un conjunto de procesos, recursos y actividades claramente definidos (Pharro y Bentley , 2007 como se citó en Montes Guerra et al., 2013, p. 14)
- “Conjunto de directrices o principios adaptados como una relación de cosas por hacer o un enfoque con plantillas, formularios, e incluso listas de verificación, que

son usados durante todo el ciclo de vida" (Charvat, 2003, como se citó en Montes Guerra et al., 2013, p. 14)

Metodología de desarrollo de software es la agregación de funcionalidad, creación, actualización o modificación de software, son una parte esencial de la ingeniería de software, las mismas que son consideradas como el paso fundamental para crear, actualizar el software requerido por las organizaciones para satisfacer al usuario final (Ignacio & Paola, 2015).

2.3.2.2 Gestión de Proyectos

Los proyectos, son el resultado de la búsqueda de la ejecución de tareas, procedimientos que poseen un alcance y se los realiza en un tiempo determinado para las empresas se convierte en una forma de trabajo que les permite avanzar en los retos que el mercado establece para buscar ser competitivas, dentro del esquema empresarial, la definición de un proyecto es según Vigil Taquechel (2001) que se citó en Otero Iglesias et al. (2004),es la eficacia de los objetivos requeridos en el futuro para resolver inconvenientes en los entornos que se desarrollan para obtener mejores posiciones. En un ambiente metodológico o con marcos de trabajo de proyectos las definiciones que se destacan para el concepto de proyecto según el autor son:

- Según la International Organization for Standardization [ISO] (2021) "un esfuerzo temporal para lograr uno o más objetivos planteados".
- Para el Project Management Institute (2017), es "Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único"
- Para la metodología Prince 2(PRINCE2, 2019), define a proyecto como "una organización temporal que se crea con el propósito de entregar uno o más productos comerciales de acuerdo con un caso comercial específico"

La gestión se refiere a "Llevar adelante una iniciativa o un proyecto" (Real Academia Española, s.f., definición 1), esta acepción ya coloca la idea de diligenciar actividades, varios autores mencionan como propuesta a la par de gestión el vocablo dirección, siendo esta un discusión sobre la importancia del nivel jerárquico de quien está desarrollando el rol y realizando funciones y determinando el uso de recursos para el proyecto así como el tiempo del recurso humano y costos (Poveda Bautista et al., 2008), sin embargo, no se considera de especial

relevancia siendo únicamente referenciado para conocimiento, los principales conceptos o definiciones que se deben destacar en gestión de proyectos son los siguientes:

- Para la International Organization for Standardization [ISO], (2021, p. 3), la Gestion de proyectos es "actividades coordinadas para dirigir y controlar el logro de los objetivos acordados"
- Project Management Institute (2021), lo define como la "Aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La dirección de proyectos se refiere a orientar el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos"

La dirección de proyectos en sus principales definiciones tenemos:

- "Aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. La dirección de proyectos se refiere a orientar el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos" (Project Management Institute, 2021)
- "Actividades coordinadas para dirigir y controlar el logro de los objetivos acordados" (International Organization for Standardization [ISO], 2021)

La gestión como la orientación de trabajos para cumplir resultados, generando una cultura en las organizaciones para implementar iniciativas para la mejora de sus procesos y se pueda obtener un modelo de madurez de gestión de proyectos (PMMM) por sus siglas en inglés (Poveda Bautista et al., 2008, p. 42). Los principales modelos de madurez en la Gestión de proyectos se muestran en la tabla 3.1 (APM ,2007, como se citó en Montero Fernández-Vivancos, 2016, p. 22)

Tabla 3.

Principales Modelos de Madurez de Gestión de Proyectos

Modelo de Madurez	*Sector*	*Alcance*	*Niveles*	*Auto Evaluado*	*Facilitador*	*Acreditación*
CCMI1®	Software e Ingeniería	22 áreas de procesos	5	Si	No	Si

	de Sistemas					
Modelo de Excelencia de proyectos	Proyectos	9 criterios, divididos en 22 subcriterios	100	Si	Si	No
P2MM©	Todos	Aspectos clave de PRINCE2	5	No	Si	Si
P3M3©	Todos	32 aspectos de procesos	5	No	Si	Si
OPM3®	Todos	Buenas prácticas de proyectos, portafolios y programas	4	Si	Opcional	No

2.3.2.3 Proyectos Agiles.

Los principales conceptos que ser deben abordar son los siguientes:

a. RAD, Rapid Application Development, es una metodología de desarrollo de software, que se caracteriza por desarrollos con diseños de aplicaciones conjuntas con equipos entre 4 y 8 personas, incluida el personal de desarrollo y los usuarios funcionales, con trabajos planeados para periodos de dos a seis meses (Beynon-Davies et al., 1999).
b. Programación Extrema (XP), es una metodología ágil que potencia el clima de trabajo y se fundamenta en la interrelación del cliente con el equipo de desarrollo para trabajar en los cambios que puede presentar el proyecto y reducir el riesgo, para lo cual se pretende establecer un costo mayor al inicio del proyecto para

luego tratar de estabilizarlo repercutiendo en el costo final del proyecto en forma positiva ya que en costo general sería menor (Maida & Pacienzia, 2015, p. 58).

c. Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software, es un documento redactado por 17 expertos en desarrollo de software para enfoques agiles en el 2001, que busca adoptar el manejo del riesgo basado en la apertura al cambio, la integración del usuario final y el equipo de desarrollo con esquemas iterativos de software en funcionamiento (Amaro & Valverde, 2007, p. 8)

d. Los proyectos agiles, son esquemas adaptativos, debido a que abrazan la posibilidad de cambio y se convierte en su estrategia para minimizar el riesgo, son cooperativos, ya que en su enfoque siempre están con el usuario definiendo trabajos y estableciendo prioridades dando énfasis al postulado que profesan de individuos e iteraciones sobre procesos y herramientas. Son incrementales, ya que se basan en entregas de producto funcional en periodos de máximo un mes así como fáciles de entender y pragmáticos ya que se basan en el empirismo (Maida & Pacienzia, 2015, p. 18).

2.3.2.4 Metodologías y marcos de trabajo en Gestión de proyectos

2.3.2.4.1 Scrum.

Las definiciones y conceptos más importantes del marco de trabajo Scrum que se referenciaran en la investigación son los siguientes:

- Scrum: “marco ligero que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptables para problemas complejos “ (Schwaber & Sutherland, 2020).
- Roles: Según Schwaber & Sutherland (2020), los roles de Scrum son:
    - Scrum master: Participante del equipo que ayuda a resolver los problemas del equipo y trata de fomentar el entorno de trabajo.
    - Producto owner: Define los trabajos a realizar y ordena el desarrollo en el Product Backlog
    - Scrum Team: realiza el trabajo planificado en cada Sprint, mediante Incrementos sin jerarquías, generalmente menor a 10 personas.

- Scrum ser basa en el empirismo y pensamiento Lean. Los pilares de empíricos de Scrum(Schwaber & Sutherland, 2020) son:
    - Transparencia (Visible para quien realiza como para quien lo recibe)
    - Inspección (Artefactos y el progreso se inspeccionan con frecuencia)
    - Adaptación (Abiertos al cambio para que el producto resulte aceptable)
- Valores de Scrum (Schwaber & Sutherland, 2020):
    - Compromiso (Scrum Team comprometido y se apoya)
    - Foco (Enfocados en el objetivo de trabajo en cada Sprint)
    - Franqueza (Francos sobre el trabajo y los desafíos)
    - Respeto (personal del Scrum Team independientes y capaces)
    - Coraje (Coraje para hacer o correcto y trabajar en problemas difíciles)
- Eventos de Scrum (Schwaber & Sutherland, 2020):
    - Sprint: Es un contenedor para todos los eventos, dura 1 mes o menos.
    - Sprint Planning: Es la definición del trabajo que se realizará
    - Daily Scrum: Evento diario de 15 minutos en función del objetivo del Sprint.
    - Sprint review: Revisa el resultado del Sprint y determina futuras adaptaciones, revisando lo que se logró en el Sprint.
    - Sprint Retrospective: Permite la planificación de nuevas formas de aumentar la calidad y la efectividad, el Scrum team revisa lo que salió y bien lo que genero problemas.
- Artefactos de Scrum (Schwaber & Sutherland, 2020):
    - Product Backlog: Lista de elementos de trabajo pendiente que tendrá el producto
    - Sprint Backlog: Lista de requerimientos que tendrá el Sprint, son parte de la lista de elementos de trabajo pendiente del product backlog
    - Increment: Es el resultado del trabajo generado en el Sprint por el Scrum Team, puede haber uno o más incrementos en un sprint.

2.3.2.4.2 Valor Ganado.

Los principales conceptos que se deben considerar en referencia a la metodología de valor ganado para evaluación de proyectos son:

a. La gestión del valor ganado (EVM) según el Project Management Institute, se define "como una metodología que combina alcance, cronograma, y mediciones de recursos para evaluar el desempeño y el progreso del proyecto" (2019, p. 1).
b. Según Rodney Turner, la Gestión del valor ganado, EVM por sus siglas en Ingles, es una " Metodología utilizada para medir y comunicar el progreso físico real de un proyecto e integrar los tres elementos críticos de la gestión de proyectos (alcance, tiempo y costo)" (Turner, 2014)
c. Para el PMI, un EVM es "como una metodología que combina mediciones de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el progreso del proyecto" (Project Management Institute, 2019).
d. SEVM por sus siglas en Ingles de Sistema de gestión de valor ganado lo definen como "un conjunto de principios, métodos, procesos, prácticas y herramientas para gestionar el desempeño de un proyecto."(Project Management Institute, 2019, p. 1)
e. Valor Ganado EV, por sus siglas en ingles de Earned Value, "es la medida del trabajo realizado, expresada en términos del presupuesto autorizado para ese trabajo. El EV se puede informar de forma acumulada hasta la fecha o para un período de informe específico"(Project Management Institute, 2019)
f. Valor planificado (PV), el concepto más relevante es el siguiente:

    > Es el presupuesto autorizado asignado a los trabajos programados. El coste total presupuestado de la obra planificada. En cualquier momento, PV define el trabajo que debería haberse realizado. El PV se puede informar para el trabajo acumulado hasta la fecha o para un período de informe específico (Project Management Institute, 2019, p. 7)

g. Costo real o actual (CA), es "El costo incurrido durante la realización de la actividad. Costo del trabajo realizado en una actividad durante un período de tiempo específico. Esto se puede informar de forma acumulada hasta la fecha o de

un período de informe específico (como flujo de efectivo o una curva en S)" (Project Management Institute, 2019).

h. Las principales definiciones en el análisis de la metodología de valor ganado se pueden referenciar en la siguiente tabla referenciada del Project Management Institute para la sexta edición de su PMBOK.

Tabla 4.

Tabla Resumida de Cálculos de Valor Ganado

Abreviatura	*Nombre*	*Definición de léxico*	*Cómo se usa*	*Ecuación*	*Interpretación del resultado*
PV	Planned Value	El presupuesto autorizado asignado a los trabajos programados.	El valor del trabajo que se planea completar en un momento determinado, generalmente la fecha de los datos o la finalización del proyecto.		
EV	Earned Value	La medida del trabajo realizado expresada en términos del presupuesto autorizado para ese trabajo.	El valor planificado de todo el trabajo completado (ganado) hasta un momento determinado, generalmente la fecha de los datos, sin referencia a los costos reales.	EV = suma del valor planificado del trabajo completado	
AC	Actual Cost	El costo realizado incurrido por el trabajo realizado en una actividad durante un período de	El costo real de todo el trabajo completado hasta un momento determinado, generalmente la fecha de los		

Abreviatura	*Nombre*	*Definición de léxico*	*Cómo se usa*	*Ecuación*	*Interpretación del resultado*
		tiempo específico.	datos.		
BAC	Budget at Completion	La suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a realizar.	El valor del trabajo total planificado, la línea base de costos del proyecto.		
CV	Cost Variance	El monto del déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real.	La diferencia entre el trabajo completado hasta un momento determinado, generalmente la fecha de los datos, y el trabajo que se planea completar hasta el mismo momento.	CV = EV – AC	Positivo = Costo inferior al planificado Neutral = Costo planificado Negativo = Costo superior al planificado
SV	Schedule Variance	El monto por el cual el proyecto está adelantado o retrasado con respecto a la fecha de entrega planificada, en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el	La diferencia estimada en el costo al finalizar el proyecto.	SV = EV – PV	Positive = Adelantado en cronograma Neutral = En cronograma Negative = Atrasado en cronograma

Abreviatura	*Nombre*	*Definición de léxico*	*Cómo se usa*	*Ecuación*	*Interpretación del resultado*
		valor planificado.			
VAC	Variance at Completion	Una proyección del monto del déficit o superávit presupuestario, expresada como la diferencia entre el presupuesto al finalizar y la estimación al finalizar.	La diferencia estimada en el costo al finalizar el proyecto.	VAC = BAC – EAC	Positivo = Costo inferior al planificado Neutral = Costo planificado Negativo = Costo superior al planificado
CPI	Cost Performance Index	Una medida de la rentabilidad de los recursos presupuestos. Expresado como la relación entre el valor ganado y el costo real.	Un CPI de 1 significa que el proyecto está exactamente dentro del presupuesto, que el trabajo realmente realizado hasta el momento es exactamente el mismo que el costo hasta el momento. Otros valores muestran el porcentaje de cuántos costos están por encima o por debajo del	CPI = EV/AC	Mayor que 1 = Costo inferior al planificado Exactamente 1 = Costo planificado Menos de 1 = Costo planificado superior

Abreviatura	*Nombre*	*Definición de léxico*	*Cómo se usa*	*Ecuación*	*Interpretación del resultado*
			monto presupuestado por el trabajo realizado.		
SPI	Schedule Performance Index	Una medida de la eficiencia del cronograma expresada como la relación entre el valor ganado y el valor planificado.	Un SPI de 1 significa que el proyecto va exactamente según lo previsto, que el trabajo realmente realizado hasta el momento es exactamente el mismo que el trabajo previsto realizar hasta el momento. Otros valores muestran el porcentaje de cuántos costos están por encima o por debajo del monto presupuestado para el trabajo planificado.	SPI = EV/PV	Mayor que 1 = Antes de lo previsto Exactamente 1 = A tiempo Menos de 1 = Atrasado
EAC	Estimate at Completion	El costo total esperado de completar todo el trabajo expresado como la	Si se espera que el SPI sea el mismo durante el resto del proyecto, el EAC se puede	EAC = BAC/CPI	

Abreviatura	*Nombre*	*Definición de léxico*	*Cómo se usa*	*Ecuación*	*Interpretación del resultado*
		suma del costo real hasta la fecha y el estimado para completar.	calcular usando	EAC = AC + BAC – EV	
			Si el trabajo futuro se realizará al ritmo planificado, utilice	EAC = AC + Bottom-up ETC	
			Si el plan inicial ya no es válido, utilice	EAC = AC + [(BAC – EV)/ (CPI x SPI)]	
			Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante, utilice		
ETC	Estimate to Complete	El costo esperado para terminar todo el trabajo restante del proyecto.	Suponiendo que el trabajo avanza según lo planeado, el costo de completar el trabajo autorizado restante se puede calcular usando	E TC = EAC – AC	
			Vuelva a estimar el trabajo restante de abajo hacia arriba.	ETC = Reestimar	

Abreviatura	*Nombre*	*Definición de léxico*	*Cómo se usa*	*Ecuación*	*Interpretación del resultado*
TCPI	To Complete Performance Index	Una medida del desempeño de costos que se debe lograr con los recursos restantes para alcanzar una meta de gestión específica, expresada como la relación entre el costo para terminar el trabajo pendiente y el presupuesto disponible.	La eficiencia que se debe mantener para completar el plan.	TCPI = (BAC – EV) / (BAC – AC)	Mayor que 1 = Más difícil de completar Exactamente 1 = Lo mismo para completar Menos de 1 = Más fácil de completar
			La eficiencia que se debe mantener para completar el EAC actual.	TCPI = (BAC – EV) / (EAC – AC)	Mayor que 1 = Más difícil de completar Exactamente 1 = Lo mismo para completar Menos de 1 = Más fácil de completar

Nota. Tabla tomada de (Project Management Institute, 2019, p. 8)

2.3.2.5 Indicadores e Índice Sintético.

Indicador según la Organización para la Cooperación económica y Desarrollo (OECD" es una "Variable o factor cuantitativo o cualitativo de interés, relacionado con la intervención y sus resultados, o con el contexto en el que esta tiene lugar", se debe destacar que son aproximados no es una medida exacta y ha de interpretarse, así como explicarse, independientemente de que su cálculo sea metódico y preciso. Se espera que los indicadores deben ofrecer un medio sencillo, verificable y fiable para dar seguimiento a los cambios y el desempeño, en este sentido un indicador del desempeño es la "variable que permite verificar cambios debidos a la intervención para el desarrollo o que muestra resultados en relación con lo que se ha planeado" (OECD, 2023),

para Montero Fernández-Vivancos (2016), el indicador clave de rendimiento KPI permite supervisar el rendimiento de un objetivo estratégico, resultado o área clave de importancia para efectuar una actividad o para una empresa (p. 8)

La medida es el "Numero o cantidad que registra un valor directamente observable", las medidas poseen siempre una unidad de medida y un número que significa la magnitud de la medida (Montero Fernández-Vivancos, 2016, p. 4).

Para cada indicador, la información requerida en función de obtener todos los datos necesarios para entender el indicador según Hill(2008) (como se citó en Montero Fernández-Vivancos, 2016, p. 31), son los siguientes, según el tipo de indicador:

- Medida**: "**Cantidad que describe una magnitud" (Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 55).
- Fuente de la medición: "Pequeña descripción de la métrica y su uso previsto, así como que datos del proyecto van a ser usados para medir".
- Niveles de medición: "Niveles de detalle y tipos de datos que van a ser obtenidos con el indicador. Incluso la necesidad de competencias especiales o nivel de autoridad para obtener la medida".
- Frecuencia: "Frecuencia en la medida y marco temporal de la medida".
- Responsable: "Persona o personas responsables de conducir la medida".
- Clientes: "Persona o personas que son las usuarias de las mediciones".
- Indicadores:

  > Valor que puede ser de índole cuantitativo o cualitativo que sirve para medir objetivos y/o reflejar cambios relacionados con una acción de cambio o corrección, y que a su vez permite evaluar el desempeño del aspecto o meta que se está midiendo (Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 56).
- Métrica o indicador: "medida que representa el desempeño de un objetivo" (Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 56).
- KPI o indicador clave de rendimiento: "Son indicador que la organización ha definido como esenciales y determinantes para el negocio, con los cuales se

controla el rendimiento de un objetivo estratégico para la organización, y que determina el éxito de la misma" (Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 56). Las principales características son: Predecibles, Medible, Accionable (se puede generar acciones correctivas), Relevante, Automatizado y Justo, así como necesario.

El indicador sintético es una reducción o abstracción de una realidad plasmada en un valor fácilmente digerible y por lo tanto de fácil entendimiento para todos, Moreno & Gálvez (2023). Las técnicas más usadas para crear índices sintéticos son:

1. Metodología OCDE/CCI, donde la estructuración de los valores a medir, así como la ponderación y agregación son el centro del proceso y en gran medida ejercen una clara influencia en el éxito del resultado que se va obtener.
2. Análisis de componentes principales ACP, que permite disminuir dimensiones, variables o indicadores bases mediante técnicas de estadística, esta reducción tiene como objetivo perder la menor cantidad de información.
3. Análisis de componentes principales categóricos CATPCA, la cual es una técnica multivariante basada en escalamientos óptimos, que resulta de gran utilidad cuando existen variables cualitativas para el análisis, siendo esta la gran diferencia para usar en ves del ACP.
4. El análisis factorial AF, establece que la varianza, se debe a un conjunto reducido de variables iniciales y que dicha varianza es producto de su correlación y que existen factores únicos que perturban.

(Gurrea, 2000)

2.3.2.5.1 Mínimos cuadrados alternantes

El método de mínimos cuadrados alternantes es una técnica iterativa de optimización utilizada comúnmente en el análisis de escalamiento óptimo y en métodos como el análisis de componentes principales categórico y la regresión categórica, el objetivo es encontrar valores óptimos que minimicen el error cuadrático en sistemas donde los datos se presentan en diferentes tipos de escalas o tienen restricciones específicas.

2.3.2.5.2 Funcionamiento del Método de Mínimos Cuadrados Alternantes

El proceso de mínimos cuadrados alternantes consiste en una serie de pasos iterativos en los cuales las variables se ajustan de forma secuencial, de esta manera, en cada iteración, se optimiza una variable o un conjunto de variables manteniendo las demás constantes, al repetir en ciclos hasta que se alcance una convergencia, con lo cual se puede obtener un punto donde las mejoras en los ajustes sean mínimas o insignificantes.

2.3.2.5.2.1 Pasos del Método

1. **Inicialización**: Se asignan valores iniciales a las categorías de las variables a ser optimizadas, estos pueden ser asignados de forma aleatoria o a partir de valores de referencia previos.

2. **Ajuste Secuencial de Variables**:

Primero, se optimizan los valores de una variable objetivo minimizando el error cuadrático mientras se mantienen fijas las demás variables, posteriormente, se pasa a la siguiente variable y se repite el proceso, manteniendo ahora las anteriores constantes.

3. **Reevaluación de los Valores Cuantificados**:

Posterior a la optimización de cada variable, se recalculan las cuantificaciones o puntuaciones de las categorías en base a la última optimización, ajustando los valores para mejorar el ajuste global del modelo.

4. **Iteración**

Se repite el ajuste para todas las variables de forma alternada, optimizando secuencialmente cada conjunto de valores, este ciclo continúa hasta que los cambios en el error cuadrático (medidos a través de algún criterio de convergencia) sean menores a un umbral predefinido.

2.3.2.5.2.2 Ejemplo de Aplicación en Regresión Categórica

Imagina que estamos utilizando regresión categórica para predecir una variable dependiente categórica YYY a partir de varias variables categóricas X1,X2,…,XnX_1, X_2,

\dots, X_nX1,X2,…,Xn. En este contexto, el método de mínimos cuadrados alternantes se usa para asignar valores de escala óptimos a las categorías de YYY y XiX_iXi (es decir, las variables de entrada y salida).

- Primero, se fija una variable independiente X1X_1X1 y se optimizan las cuantificaciones de sus categorías para minimizar la discrepancia entre los valores observados de YYY y los valores estimados.
- Luego, se fija X1X_1X1 y se optimizan los valores de escala de YYY.
- Este proceso se repite para X2,X3,X_2, X_3,X2,X3, y así sucesivamente, volviendo al principio después de cada ciclo.

2.3.2.5.2.3 Ventajas y Desventajas del Método de Mínimos Cuadrados Alternantes

- **Ventajas**:
  - Permite trabajar con datos categóricos, ordinales y nominales sin necesidad de transformarlos a escalas métricas antes del análisis.
  - Es flexible, ya que se adapta a distintos niveles de medida en las variables y a las restricciones impuestas en el modelo.
- **Desventajas**:
  - Puede ser computacionalmente intensivo en grandes conjuntos de datos o con muchas variables.
  - La convergencia puede ser lenta o inestable en casos donde las relaciones entre variables son complejas o tienen multicolinealidad.

El método de mínimos cuadrados alternantes es crucial en técnicas como el análisis de componentes principales categórico y la regresión categórica, ya que permite ajustar modelos complejos de escalamiento óptimo, logrando así una representación fiel de la estructura de los datos.

2.4 Marco Contextual.

2.4.1 Generalidades.

El contexto se entiende como “Entorno físico o de situación, ya sea político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el cual se considera un hecho” (Real Academia Española, 2020), en un sentido orientado a la investigación Sánchez Aviña (2006), indica que se refiere en:

- Primer lugar a la descripción general de las características del contexto donde se desarrollará el estudio, pudiendo ser, por ejemplo, una organización, una dependencia, un grupo social específico, una comunidad o un barrio o vecindario determinado.
- En segundo, a la especificación de la delimitación temporal del estudio, refiriéndonos al periodo durante el cual el mismo se desarrollará.

Según (Martínez, 2006, p. 26), es: Una reflexión crítica del alumno acerca del tema y su contexto envolvente, la cual se denomina principio de la investigación, es ubicar el objeto de estudio dentro de su contexto, describir los hechos y realidades que lo circundan, los aspectos, interrogantes y las relaciones que se presentan, definiendo claramente los alcances, el área de estudio, que describen claramente las condiciones contextuales que van a definir el programa del proyecto.

San francisco de Quito, es la capital del Ecuador, con 489 años de fundación española, con 2’679.722 personas según el censo del 2023 realizado en Ecuador (INEC, 2022), está ubicada en la sierra ecuatoriana en el centro norte, sobre la hoya del rio Guayllabamba a las laderas del Volcán Guagua Pichincha a 2850 metros de altura sobre el nivel del mar, la ciudad está dividida en 32 parroquias urbanas.

En base al estudio de la Asociación ecuatoriana del Ecuador (Aesoft) del 2011, entidad que se unió con la CECE (Cámara Ecuatoriana de Comercio Electrónico) que formó la Cámara de Innovación y Tecnología Ecuatoriana (CITEC), el Ministerio de Comercio Exterior del Perú indica que el sector de software en Ecuador contabilizó 130 millones de dólares en el 2008 y proyecto que la venta pueda ser de 1,343 millones para el año 2009.

El ministerio de comercio exterior del Perú, indica que la Asociación Ecuatoriana de Software (AESOFT) pronostico que el sector de Software va crecer y estimaron una venta de 1,44 millones en 2010 y esperan alcanzar a los 1,544 en 2011, en el estudio del 2008 y revisiones del 2011 se establece que Ecuador cuenta con 265 empresas registradas en la super intendencia de compañías están dedicadas a la industria del software, de ellas el 35% de las empresas son exclusivamente ecuatorianas y de las 265 empresas aproximadamente el 37% residía en Quito. En este mismo estudio, según la AESOFT, hay unas 700 empresas o consultoras independientes de Software, con una participación en el mercado creciente al ritmo de 12% anual.

Es importante destacar que el estudio para las empresas ecuatorianas es de suma importancia ya que dentro de los supuestos es que no cuentan con métricas para desarrollo y las empresas internacionales poseen esquemas de mediciones pre definidos. Sin embargo, es importante notar que el estudio de la Aesoft indica que existe 8,900 puestos de trabajo y que aproximadamente 31.7 Millones de dólares anuales son producto del funcionamiento de empresas internacionales ubicados en Ecuador y aproximadamente 35 Millones de dólares en el año es de empresas ecuatorianas.

En el 2013 la Aesoft, indica que el total de ventas de software fue de 507’486.268 millones dólares, además indican que el 81% de las empresas tienen 30 trabajadores, el 16% tienen entre 31 a 50 trabajadores y el 2% tienen más de 100 trabajadores

Figura 1.

Gráfico de ventas de empresas desarrolladoras de software

Nota: Fuente Aesoft 2015, Benchmark del Sector de la industria ecuatoriana de software

Según Terán-Ávila (2021), indica que la industria del desarrollo de software ecuatoriano estuvo en su mejor momento llegando a ubicarse dentro de os primeros lugares de producción de software en Latinoamérica, sin embargo a la fecha se debe revisar las normativas y políticas para esta industria, no obstante de que el 2014 según Teran-Avila la industria de software y servicios TI constan en la planificación publica parte de la estrategia Nacional para el cambio de la matriz productiva (ENCMP) no se ha logrado el crecimiento deseado según datos de CEPAL.

En este contexto Terán-Ávila (2021, p. 14) según datos del Instituto nacional de estadísticas y Censos(INEC) del año 2015, indica que a esa fecha ya se tenía 600 empresas que se dedicaba a implementaciones o desarrollos sobre código abierto, además hacen referencia a que datos de la Superintendencia de Compañías en el año 2016 indicaban la existencia de 1264 empresas en desarrollo de software con un notable crecimiento y de las antes mencionadas 774 estaban ubicadas en la provincia de Pichincha, no obstante no se pudo rastrear el dato a las

empresas de la ciudad de Quito(Imaginar, AESOFT, Ministerio de Comercio Exterior y ALADI, 2017).

El panorama para las empresas desarrolladoras de software en Ecuador aun no es claro y su flujo económico estuvo atado a la inversión pública que realizaba el gobierno, sin embargo luego de casi 10 años de una para en la inversión pública, la industria se siente afectada y los profesionales se han abocado a trabajar en empresas donde el departamento de sistemas y el de desarrollo en específico son vistos como tareas de apoyo, por lo cual la investigación para el modelo de índice sintético para determinar el nivel de avance en proyectos Ágiles con Scrum en equipos de desarrollo de Software en Quito Ecuador en el periodo del 2023 al 2025, se encuentra en el monto justo para mejorar los tiempos de entrega y rentabilidad de los proyectos de software.

2.4.2 Desarrollo de software.

La gestión de proyectos, sin carácter de disciplina documentada, se lo practico desde las primeras civilizaciones, es así que existen evidencia de “directores de proyecto” en Egipto en la construcción de las pirámides para supervisar la construcción (Montero Fernández-Vivancos, 2016)

Mazurkiewicz (2018), indica que a finales del siglo XIX, se publicó el libro “Project Plan for Building Pacific Railroad”, el cual puede ser considerado como la primera referencia encontrada para el manejo de proyectos desde la perspectiva administrativa y con enfoque de oficina de proyectos (Judah 1857), además explica que la primera gran innovación en la Gestión de Proyectos como disciplina tiene lugar en 1917 cuando Henry Gantt desarrolla el diagrama de programación que lleva su nombre (Gantt 1919) , uno de los primeros usos del diagrama de Gantt fue el proyecto de la pres Hoover entre los años 1931 y 1936, catalogada como la primera gran innovación en la gestión de proyectos (Kwak et al., 2005)

En la década de los 50, a mediados del siglo XX, se origina los primeros métodos para manejos de proyectos, la metodología PERT (Program Evaluation and Review Technique) en 1957 como parte del análisis de operaciones de vaciado y relleno de construcción de carreteras y CPM (Critical Path Method) es formalizada (Apaolaza & Oyarbide 2005; Yu Chuen-Tao 1974;

Chase & Aquilano 1978; Companys & Corominas 1988) con lo cual surgen las primeras herramientas y técnicas de gestión de proyectos (Kwak et al., 2005, p. 8).

En 1962, el departamento de defensa de Estado Unidos, formalizo el concepto de Estructura de Desglose de Trabajo (EDT, Work Breakdown Structure, cuyas siglas son WBS) y lo público para su uso en posteriores proyectos en 1962 (Globerson 1994). En 1965 International funda la organización IPMA1 (International Project Management Association), que inicialmente se denominó IMSA (International Management Systems Association) (Pannenbacker & Dworatschek 2005) (Mazurkiewicz, 2018).

En la década de los 60 y 70, el departamento de defensa de USA, la NASA y grandes compañías de ingeniería y construcción usan principios de Administración de proyectos y herramientas enfocados en la administración de grandes presupuestos y calendarización de los proyectos (Kwak et al., 2005) así en 1967 el departamento de la defensa de U.S.A (DoD Department of Defense) emitió una directiva para aquellas empresas industriales que quisieran participar en sus programas de compras o incentivos con unos criterios para el sistema de control de costes y plazos (Cost/Schedule Control Systems Criteria, C/SCSC), que originarán en el futuro la metodología de la Gestión del Valor Ganado (Fleming & Koppelman 2000).

El software nace en la década de los 60, de esa amanera se instancia por primera vez la estructura de sentencias agrupadas en programas y conjunto de programas incluyendo documentación y procedimientos (Ignacio & Paola, 2015) con el esquema de desarrollo en casada que posteriormente sería denominado clásico, de esta manera se da partida al enfoque de ingeniería de software a finales de los 70, donde se especifica el concepto y su relevancia(Zelkowitz, 1978) y la creación de metodologías de desarrollo de software en la década de los 80 con el objetivo de minimizar el riesgo para lograr el éxito del proyecto. En este camino se determinan estructuras preestablecidas de procesos, procedimientos y tareas que permiten la creación de metodologías y marcos de referencia para proyectos en general, saltado de la industria del software a manejo de proyectos para cualquier área, según Avison y Fitzgerald, las metodologías de desarrollo de software se puede clasificar en (Avison y Fitzgerald, 1995, citado en Rivadeneira, 2013):

1. Pre– metodologías: entre los años 50 y 60.

2. Primeras metodologías: entre los años 1970 y 1980.
3. La era de las metodologías: entre los años 80 y los primeros años de los 90.
4. Era post-metodológica: En los años 90.

En 1969, en Filadelfia, Jim Snyder y Gordon Davis, decidieron crear una organización para organizar a gerentes de proyectos y cruzar información relevante, creando el Instituto de Tecnología de Georgia en Atlanta en Octubre de 1969, posteriormente se fundó el Project Management Institute, el cual durante un periodo de 10 años hasta 1979, iniciaba a determinar los esquemas requeridos para la gestión de proyectos mediante el Simposio "Conceptos avanzados de gestión de proyectos" en Atlanta, Gerogia USA para generar el primer Capítulo PMI en Houston Texas. El cofundador Eric Jenett fue el primer profesional en certificarse y para 1996 se creó la primera edición del Guía de los conocimientos sobre gestión de proyectos (Guía PMBOK®), a la fecha la guía está en la séptima edición enfocada en una restructuración para contemplar proyectos bajo ambientes de incertidumbre (Project Management Institute, s.f.)

En los finales de la década de los 80, se crea en Gran Bretaña el esquema para la gestión de proyectos informáticos, la agencia británica CCTA (Central Computer and Telecomunications Agency) que posteriormente se llamaría OGC (Office of Government Commerce)publica el método PRINCE (Projects IN Controlled Environmetns) como evolución al PROMTII (OGC 2009) y posteriormente en 1996, un grupo de 150 organizaciones, efectuaron una revisión al planteamiento efectuado para crear Projects IN Controlled Environments Prince2, la cual se pensó para aplicar a otras industrias y no únicamente al desarrollo de software, la cual a la fecha esta en la séptima edición siendo a al fecha reconocida como uno de los principales métodos para manejar proyectos(ILX Group, 2023)

En 1986, SCRUM, sale a luz como modelo de programación ágil y orientado como una metodología para desarrollo de nuevos productos en empresas de desarrollo de software (Takeuchi & Nonaka 1986), en 1987 el PMI publica "Los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOKR)", como un libro blanco para documentar y estandarizar la información y practicas aceptadas para la gestión de proyectos (PMI 1987), para luego formalizar en 1996 como se ha mencionado anteriormente(Kwak et al., 2005)

En la década de los 90, en la industria del software nacen las primeras definiciones del desarrollo ágil, conocido inicialmente como liviano y que parte en desarrollos denominados RAD por sus siglas del inglés de Rapid Application Development (Martin, 1991), para 1996 nace una metodología ágil de desarrollo de software llamada Extreme Programming (XP) enfocado en las relaciones del equipo de desarrollo y los usuarios funcionales, generando un ambiente laboral lleno de interacciones donde además del esquema de desarrollo y buenas prácticas se une una visión de trabajo en equipo orientado a procesos (Maida & Pacienzia, 2015).

En 1997, se presenta un libro basado en la Teoría de las Restricciones a la Gestión de Proyectos se (Goldratt 1997), denominado “La Cadena Crítica”, en este mismo año se publica una norma sobre Calidad en la Gestión de Proyectos, ISO10006 (ISO 1997) en la organización ISO4 (International Standards Association), en 1998 el CCTA publica la segunda edición de su modelo (CCTA 1998) “Managing successful projects with PRINCE2” (Montero Fernández-Vivancos, 2016, p. 7).

En el final de la década de los 90, se inicia una revisión profunda de los beneficios que tenían las metodologías de desarrollo y generan una era post metodológica, donde se presentan a esa época (Rivadeneira, 2013):

- Desarrollo externo. Compra de productos de software a empresas externas.
- Mejora continua. Basados en enfoques LEAN
- Desarrollo ad hoc y contingencia. Se vuelcan a la era pre metodológica, es decir sin metodología.
- Desarrollo contingente o flexible. Una estructura menos rígida donde los desarrolladores pueden modificar y revisar la funcionalidad de los métodos y su relevancia.
- Desarrollo ágil. Un enfoque orientado al usuario y no a la documentación, abiertos al cambio y la satisfacción del cliente como medida para reducir el riego de fracaso.

En el 2001 mediante el manifiesto ágil, 17 expertos en programación, se reunieron para tratar las metodologías, técnicas, procesos y procedimientos para programar, dando como resultado el nacimiento del Manifiesto Ágil, un esquema que prima Individuos e interacciones

sobre procesos y herramientas, Software funcionando sobre documentación exhaustiva, colaboración con el cliente sobre negociación contractual, respuesta ante el cambio sobre seguir un plan (Schwaber & Sutherland, 2020).

Las metodologías de Gestión de proyectos que se crearon se fundamentan sobre las bases de optimizar los recursos y minimizar el riesgo en un proyecto para obtener en forma exitosa la conclusión del mismo. Durante casi 20 años, las organizaciones han implementado de forma empírica y en muchas ocasiones sin seguir los principios agiles, no obstante de la importancia de mantener es quema de scrum y sus variantes (Corona, Muñoz, Miramontes, Calvo-Manzan, & San Feliu, 2016), además que es de suma importancia poder medir el progreso de los proyectos para verificar la consecuencia con sus objetivos, poder tomas decisiones y sustentar las intenciones de mejora que se puedan realizar(Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 24).

2.5 Marco Legal y Normativo.

La presente investigación, está orientada al diseño y validación de un **modelo de índice sintético** para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito–Ecuador (2023–2025), por lo cual requiere revisar y tener la certeza que cumpla con un marco legal y normativo que respalde tres aspectos críticos:

1. **Uso legítimo de marcos y documentos de referencia** (Scrum Guide y materiales con licencias abiertas)
2. **Protección de derechos intelectuales** sobre la producción académica (modelo, código, bases de datos y anexos)
3. **Cumplimiento del régimen ecuatoriano aplicable al tratamiento adecuado de datos personales** derivados de instrumentos de percepción (encuestas Likert), además de estándares técnicos internacionales que fundamenten la lógica de medición reproducible.

2.5.1 Licenciamiento y uso de Scrum como marco de referencia

Scrum, es un marco de trabajo que esta especificado como ágil, utilizado para gestionar proyectos y no está sujeto a una licencia de uso, ya que es un conjunto de principios y prácticas,

la guía de Scrum oficial (Schwaber & Sutherland, 2020) se ofrece bajo la licencia de Atribución "Compartir" licencia de Creative Commons accesible en http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode la cual indica que se puede:

1. **"Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato para cualquier propósito, incluso comercialmente.
2. **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente."

   (*CC BY 4.0 Deed | Atribución 4.0 Internacional | Creative Commons*, s.f.)

Creative Commons define su licencia y su uso de la siguiente manera:

> Las licencias públicas de Creative Commons proporcionan un conjunto estándar de términos y condiciones que los creadores y otros titulares de derechos pueden utilizar para compartir obras originales de su autoría y cualquier otro material sujeto a derechos de autor y a otros derechos que se especifican en la licencia pública de más abajo (*CC BY 4.0 Código legal | Atribución 4.0 Internacional | Creative Commons*, s.f.)

Scrum no constituye un "software" sujeto a licencia de uso, la Guía Scrum 2020, declara explícitamente que la publicación se ofrece bajo licencia **Creative Commons Atribución–CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)**, lo que autoriza copiar, redistribuir y adaptar el material, incluso con fines comerciales, siempre que se cumplan los términos de atribución y la condición de "compartir igual" para obras derivadas(Schwaber & Sutherland, 2020), en el marco de esta tesis, el uso de la Guía Scrum se enmarca en el derecho y la licencia de reutilización, se citan las fuentes, se evita la reproducción excesiva y se mantiene la trazabilidad conceptual hacia la obra original, cumpliendo el requerimiento de atribución exigido por CC BY-SA 4.0. En este contexto el uso de Scrum, es válido, permitido y está dentro de las normas legales que avalan la investigación que se lleva a cabo.

2.5.2 Marco constitucional aplicable en Ecuador orientado a la protección de derechos intelectuales

En Ecuador, la **Constitución** reconoce la propiedad intelectual y delimita su protección conforme a ley, el **artículo 322** (Asamblea, 2008) establece el reconocimiento de la propiedad intelectual e incluye prohibiciones vinculadas a la apropiación indebida de conocimientos colectivos, este principio constitucional sustenta, por un lado, el respeto a derechos de terceros

(referencias, obras citadas, instrumentos) y por otro, la protección de la producción propia derivada de la investigación (modelo de medición, estructura del índice, scripts, plantillas y material suplementario).

La antigua Ley de Propiedad Intelectual (Asamblea, 2006)fue derogada por el Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, 2016) "Código Ingenios COESC", promulgado en el Registro Oficial Suplemento 899, el COESC incluye en sus disposiciones derogatorias la frase: "Deróguese la Ley de Propiedad Intelectual…" (Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, 2016) y, además, establece que donde se mencionaba esa ley debe entenderse referido al COESC, en consecuencia, para mantener precisión jurídica y congruencia metodológica, el marco legal de propiedad intelectual aplicable a esta investigación se sustenta prioritariamente en el COESC/Código Ingenios, sin perjuicio de citar la ley derogada solo como antecedente histórico cuando corresponda y que se estipula en este apartado debido a la importancia que tubo para posteriormente hacer un análisis exclusivo del Código Ingenios COESC, con lo cual se procede a la revisión desde los macro en la constitución y la ley derogada de propiedad intelectual:

1. La Constitución de la República del Ecuador con registro oficial 449 del 20 octubre del 2008 (Asamblea, 2008), en su última modificación del del 25 de enero del 2021, es la máxima Ley que rige al estado ecuatoriano, en su sección tercera regula sobre comunicación e información, en la sección cuarta regula todo lo referente a Cultura y ciencia y en el capítulo octavo sobre derechos de protección, con lo cual referenciamos los artículos más importantes para nuestra investigación según la Asamblea (2008), los mismo que sirven como base general para avalar la investigación:

   Sección tercera

   Comunicación e Información

   Art. 16.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

1. Una comunicación libre, intercultural, incluyente, diversa y participativa, en todos los ámbitos de la interacción social, por cualquier medio y forma, en su propia lengua y con sus propios símbolos.
2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.
3. La creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas.
4. El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad.
5. Integrar los espacios de participación previstos en la Constitución en el campo de la comunicación.

Art. 18.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

1. Buscar, recibir, intercambiar, producir y difundir información veraz, verificada, oportuna, contextualizada, plural, sin censura previa acerca de los hechos, acontecimientos y procesos de interés general, y con responsabilidad ulterior.
2. Acceder libremente a la información generada en entidades públicas, o en las privadas que manejen fondos del Estado o realicen funciones públicas. No existirá reserva de información excepto en los casos expresamente establecidos en la ley. En caso de violación a los derechos humanos, ninguna entidad pública negará la información.

Art. 322.- Se reconoce la propiedad intelectual de acuerdo con las condiciones que señale la ley. Se prohíbe toda forma de apropiación de conocimientos colectivos, en el ámbito de las ciencias,

tecnologías y saberes ancestrales. Se prohíbe también la apropiación sobre los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agro-biodiversidad

La constitución ecuatoriana vigente ampara la propiedad intelectual y nos sirve de base para nuestra investigación.

2. Ley de propiedad intelectual Registro Oficial Suplemento 426 de 28-dic.-2006 Ultima modificación: 10-feb.-2014 Estado: Derogada (Es importante destacar como base histórica)

Art. 1.- El Estado reconoce, regula y garantiza la propiedad intelectual adquirida de conformidad con la ley, las decisiones de la Comisión de la Comunidad Andina y los convenios internacionales vigentes en el Ecuador. La propiedad intelectual comprende: 1. Los derechos de autor y derechos conexos; 2. La propiedad industrial, que abarca, entre otros elementos, los siguientes: a) Las invenciones; b) Los dibujos y modelos industriales; c) Los esquemas de trazado (topografías) de circuitos integrados; d) La información no divulgada y los secretos comerciales e industriales; e) Las marcas de fábrica, de comercio, de servicios y los lemas comerciales; f) Las apariencias distintivas de los negocios y establecimientos de comercio; g) Los nombres comerciales; h) Las indicaciones geográficas; e, i) Cualquier otra creación intelectual que se destine a un uso agrícola, industrial o comercial.(Asamblea, 2006,Art. 1)

Art. 2.- Los derechos conferidos por esta Ley se aplican por igual a nacionales y extranjeros, domiciliados o no en el Ecuador. Concordancias: CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, Arts. 3, 9, 11 CODIGO CIVIL (TITULO PRELIMINAR), Arts. 13 CODIGO CIVIL (LIBRO I), Arts. 43 (Asamblea, 2006,Art. 2)

Art. 5.- El derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión. Se protegen todas las obras, interpretaciones, ejecuciones, producciones o emisiones radiofónicas cualquiera sea el país de

origen de la obra, la nacionalidad o el domicilio del autor o titular. Esta protección también se reconoce cualquiera que sea el lugar de publicación o divulgación. El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna. El derecho conexo nace de la necesidad de asegurar la protección de los derechos de los artistas, intérpretes o ejecutantes y de los productores de fonogramas.(,Art. 5 Asamblea, 2006)

2.5.2.1 Protección de datos personales (Ecuador): fundamento constitucional, ley y reglamento

Dado que el modelo incluye indicadores de integración derivados de instrumentos de percepción (encuestas), la investigación requiere un sustento normativo claro sobre confidencialidad, tratamiento y resguardo de datos, la Constitución reconoce explícitamente el derecho a la protección de datos personales, en el artículo 66, numeral 19(Asamblea, 2008), se establece que el tratamiento de datos personales (recolección, archivo, procesamiento, distribución o difusión) requiere autorización del titular o mandato de ley.

Este derecho se desarrolla mediante la **Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP)**(Ley Orgánica De Protección De Datos Personales, 2021), cuya finalidad es garantizar el ejercicio del derecho a la protección de datos y regular principios, derechos, obligaciones y mecanismos de tutela, adicionalmente, el **Reglamento General** expedido mediante Decreto Ejecutivo 904 desarrolla la aplicación de la LOPDP (Presidencia de la República del Ecuador, 2023), estableciendo reglas de ámbito, responsabilidades y obligaciones para responsables/encargados del tratamiento.

Debido a su contenido, para el ámbito de la investigación y en función de la LOPDP, es necesario revisar el diseño del implicaciones metodológicas en cuanto a los formularios para toma de información ya que se puede considerar datos personales si identifican directamente o indirectamente a los participantes, con lo cual se obliga a definir la finalidad del tratamiento (uso exclusivo académico), minimización y proporcionalidad de datos (solo variables necesarias), confidencialidad y acceso restringido, anonimización o seudonimización para reportes, y resguardo de bases y archivos, especialmente cuando se incluyen hojas de cálculo, scripts y

anexos, con lo antes menciona se puede determinar que este componente no es un accesorio: fortalece la validez ética y legal del trabajo de campo y del procesamiento de información.

2.5.3 Estándares internacionales aplicables a medición y gestión.

Aunque la investigación pretende obtener un método y datos para Quito Ecuador, sí requiere estándares como **referente normativo** para justificar que el proceso de medición e indicadores sigue una lógica reconocida internacionalmente, en este sentido:

- **ISO 21500:2021** establece conceptos y contexto para gestión de proyectos, programas y portafolios, aportando un lenguaje y marco de referencia que respalda la articulación entre gestión, gobernanza y medición en proyectos(International Organization for Standardization [ISO], 2021)
- **ISO/IEC/IEEE 15939:2017** define un proceso para selección, definición y mejora de mediciones en sistemas y software, con enfoque explícito en "necesidades de información" y aplicación de resultados, esta norma es pertinente para sustentar que la construcción de tus indicadores y su integración no es improvisada, sino alineada a un proceso de medición formalmente descrito ("IEEE Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology", 1990)

Es importante notar que se seleccionan ISO 21500 e ISO/IEC/IEEE 15939 porque conectan directamente con el núcleo del estudio, ya que el **objeto** es un proyecto/gestión por Sprints (ISO 21500 como marco general) y el **resultado** es un sistema de medición (indicadores y agregación) que requiere un proceso de medición formal (ISO 15939).

En síntesis, la sistematización teórico-referencial del marco legal y normativo aporta un sustento estructural indispensable para el estudio del problema de investigación, en la medida en que delimita y legitima las condiciones bajo las cuales es posible **contribuir a la medición del nivel de avance** en proyectos ágiles con Scrum integrando rendimiento e integración en el contexto de Quito–Ecuador (2023–2025), este cuerpo normativo asegura, por un lado, el uso lícito y atribuible de los fundamentos del marco Scrum (licenciamiento CC BY-SA) y, por otro, la protección de la producción intelectual generada por la investigación (Constitución y Código Ingenios), además de establecer obligaciones claras para el tratamiento responsable de datos provenientes de instrumentos de percepción (Constitución, LOPDP y su reglamento).

Complementariamente, la incorporación de estándares internacionales de gestión y medición (ISO 21500 e ISO/IEC/IEEE 15939) fortalece el posicionamiento técnico del modelo, al respaldar la medición por indicadores como un proceso sistemático, trazable y reproducible, por lo cual y en consecuencia, el marco descrito y analizado, no solo contextualiza jurídicamente la investigación, sino que orienta decisiones metodológicas críticas como son la operacionalización de variables, diseño de instrumentos, resguardo de información y reproducibilidad del material suplementario para finalmente contribuir directamente a la validez, rigor y transparencia de los resultados obtenidos en el capítulo metodológico y en el análisis empírico del índice sintético.

3 Capítulo 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.

Para construir un modelo de índice sintético que mida el avance en proyectos de desarrollo de software gestionados con Scrum, se propone un enfoque de investigación cuantitativa que integra sinérgicamente cálculos, técnicas para recabar información y métodos para obtener una comprensión completa y robusta del fenómeno. Los fundamentos metodológicos se suscriben a un enfoque cuantitativo no experimental, descriptivo-correlacional, donde la unidad de análisis es el binomio *equipo–Sprint* (Quito, 2023–2025).

Dentro del esquema cuantitativo, se operacionalizan indicadores de Rendimiento (Velocidad por puntos y Velocidad por Capacidad en Puntos) e Integración (Satisfacción del equipo, Retroalimentación en el Sprint, Efectividad de la comunicación y Métrica de colaboración), todos normalizados en la escala de 0–100, se recaba información mediante los registros operativos, los cuales constan como escalas Likert 1–5 para los indicadores de integración, el procedimiento estadístico contempla el control de calidad de datos, confiabilidad (α de Cronbach y CR/CI), evaluación de estructura latente (según nivel de medición), estimación de ponderaciones no arbitrarias a partir de la varianza explicada del primer componente por bloque y agregación $IS = x \cdot CPR + y \cdot CPI$ y finalmente se añaden análisis de sensibilidad (normalización, pesos, exclusión de indicadores) y validez (convergente/discriminante y criterio con métricas externas disponibles).

3.1 Cuadro Operacionalización de variables.

Tabla 5.

Operacionalización de Variables Matriz de Consistencia.

Tema: Modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, 2023 - 2025

Pregunta de investigación	*Objetivo general*	*Objetivos específicos*	*Hipótesis*	*Variables estudiadas*	*Dimensiones*	*Indicadores*
¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos Ágiles con Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?	Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos. Identificar, definir y seleccionar los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al	La implementación de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023-2025.	Variable Independiente: Modelo de índice sintético	Índice sintético	Valor del Índice Sintético, para generar una clasificación de: • Insuficiente • Muy por debajo de lo esperado • Por debajo de los esperado • Dentro de lo esperado • Por encima de lo esperado
				Variable dependiente: Nivel de avance en Rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	Rendimiento en proyectos de desarrollo de software con Scrum • Insuficiente • Muy por debajo de lo previsto • Por debajo de lo previsto • Dentro de lo previsto	Velocidad: Valor de la cantidad de trabajo (medida en puntos de elementos de trabajo pendiente) que un equipo puede completar en un sprint: • Insuficiente • Muy por debajo de lo esperado • Por debajo de los esperado • Dentro de lo esperado

	2025. Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante		• Adelantado a lo previsto	• Por encima de lo esperado Velocidad por capacidad de puntos: Valor en porcentaje de la capacidad declara por el equipo en puntos que se convierte en un incremento: • Insuficiente • Muy por debajo de lo esperado • Por debajo de los esperado • Dentro de lo esperado • Por encima de lo esperado
	Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	Integración en los equipos de desarrollo de Software • Muy Deficiente • Deficiente • Aceptable • Coordinado • Cohesionado	Satisfacción del Equipo: Porcentaje de satisfacción del equipo • Muy Insatisfecho • Insatisfecho • Neutral • Satisfecho • Muy Satisfecho Retroalimentación en el Sprint: Relación de la cantidad y calificación cuantificable de la calidad de feedback constructivo generado durante las retrospectivas de sprint. • Escasa • Moderada • Abundante

	los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025	• Muy Abundante • Fluida Efectividad en la comunicación: Relación de la cantidad y calificación cuantificable de la calidad de la efectividad de las comunicaciones dentro del equipo y con los steakholder • Escasa • Moderada • Abundante • Muy Abundante • Fluida Métrica de Colaboración: Número de pull requests, revisiones de código, y pares de programación • Muy por debajo de lo previsto • Por debajo de lo previsto • Dentro de lo previsto • Adelantado a lo previsto • Muy Adelantado a lo previsto

Nota: Los valores que se incluyen en el índice sintético son niveles de interpretación cualitativa del resultado del índice, no son parte de la estructura del modelo, sino del posprocesamiento (clasificación cualitativa), el índice sintético es una construcción, no algo que se mide directamente, por lo cual se clasifica en esas categorías, pero esos valores no son indicadores, sino niveles del índice.

3.2 Diseño metodológico.

Para garantizar rigor científico y coherencia lógica, articulando métodos y técnicas, el diseño de esta investigación es de enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, transversal y de alcance descriptivo-correlacional, a fin de medir empíricamente el fenómeno y, posteriormente, explicar sus patrones desde la base teórica que se creó para los indicadores que componen el avance de un equipo Scrum para, posteriormente, analizar las relaciones entre ellas y construir un modelo de medición integrado. Inicialmente se toma como punto de partida como unidad de análisis, el binomio que representa los trabajos del equipo de desarrollo en un Sprint para proyectos con Scrum en Quito (2023–2025), lo cual nos permite establecer el constructo "avance del equipo" como multidimensional, integrando dos dimensiones: Rendimiento (Velocidad por puntos, Velocidad por Capacidad en Puntos–VCP) e Integración (Satisfacción del equipo, Retroalimentación en el Sprint, Efectividad de la comunicación, Métrica de colaboración), lo cual implica una concepción de un concepto multidimensional compuesto por dos dimensiones principales:

1. Rendimiento (Datos Objetivos): Medido a través de indicadores de productividad como la Velocidad por puntos y la Velocidad por Capacidad en Puntos (VCP).

2. Integración (Datos Subjetivos): Medido a través de la percepción del equipo en áreas como la Satisfacción, Retroalimentación, Comunicación y Colaboración.

La operacionalización de estos dos indicadores cuantitativos mediante fórmulas creadas para medir sus valores permite escalar cada indicador de 0–100 para asegurar su comparabilidad, al mismo tiempo se estableció un esquema de valoración para la escala Likert para la dimensión de Integración, los instrumentos pueden ser mediante mecanismos operativos o digitales automatizados con herramientas de gestión en los cuales se implemente campos para medir dichos requerimientos o aplicar cuestionarios Likert 1–5 con ítems previamente validados, habilitando medición en cortes intra-Sprint (día N) y al cierre del Sprint para obtener los valores finales, según sea el requerimiento para el equipo de trabajo en el Sprint.

Seguidamente, seleccionar la muestra mediante muestreo no probabilístico intencional por conveniencia, incorporando equipos que cumplan condiciones mínimas (uso formal de Scrum,

registro de puntos/capacidad, disposición a responder formularios), buscando se considere, heterogeneidad de equipos (tamaño, dominio tecnológico) para favorecer variabilidad analítica.

En la fase de campo, se busca obtener consentimiento informado, se integró un acuerdo de confidencialidad y se trató de calendarizar levantamientos de requerimientos, así como ejecutar dos momentos de captura: un corte opcional durante el Sprint para seguimiento y un corte final para consolidación de datos y cuestionarios.

Posteriormente, se requiere realizar el análisis cuantitativo como fase principal, para lo cual se busca revisar la data recabada mediante la distribución y estabilidad de cada indicador y comprobar la confiabilidad interna de las escalas de Integración mediante α de Cronbach, KMO/Bartlett para PCA y de forma complementaria VIF. En segundo término, evaluar la estructura latente y reducir dimensionalidad por bloques: aplicar PCA para Rendimiento (métrico) y se buscó usar CATPCA para Integración (ordinal), es importante destacar que los indicadores estaban ya escalados a valores de 0 a 100, lo que permite el uso de Índices sintéticos basado en cálculo de distancias como DP2.

Posteriormente, se determina los cálculos requeridos para cada componente, los cuales son diseñados para que se igualen a los constructos (CPR para Rendimiento, CPI para Integración) para proceder a cambiar la eslada de 0–100 para finalmente tratar de agregar el índice sintético final (IS) como $IS = x \cdot CPR + y \cdot CPI$, donde x y se deben fijar según la proporción de varianza explicada por el primer componente en cada bloque, con el propósito de evitar ponderaciones arbitrarias y en cuarto término, calcular DP2 y CR/CI globales como diagnósticos y contrastarlos con el IS para fortalecer la transparencia metodológica.

3.2.1 Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis.

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo del tipo de investigación no experimental, ya que el estudio se basa en la observación y medición de los fenómenos en su contexto natural, sin realizar ninguna manipulación deliberada de las variables.

El alcance del estudio es descriptivo correlacional, con muestreo no probabilístico intencional por conveniencia, esta doble naturaleza se justifica debido a que en la fase descriptiva, la investigación se centra en medir y caracterizar de forma independiente cada una de

las variables de interés, los cuales se representan por los indicadores, en este punto el objetivo es responder preguntas como: ¿cuáles son los valores promedio de los indicadores de rendimiento del equipo (Velocidad, Velocidad por puntos por capacidad de puntos)?, o ¿cómo se distribuyen las percepciones sobre la integración del equipo en una escala numérica?. Posteriormente, en su fase correlacional, el estudio busca determinar el grado de asociación estadística que existe entre estas variables, para eso se genera cálculos de correlación, la finalidad es responder a la pregunta central: ¿existe una relación entre los indicadores de rendimiento y los indicadores de percepción de integración?, es decir, ¿si mejora la percepción de integración, se incrementa también el rendimiento medido del equipo?

La investigación se lleva a cabo con equipos de desarrollo de software que aplican Scrum en la ciudad de Quito durante el periodo 2023-2025, se busca analizar la relación entre los indicadores mencionados para sentar las bases de un futuro índice sintético, es importante destacar que el muestreo es no probabilístico intencional por conveniencia, seleccionando equipos que accedan a participar en el estudio.

3.2.2 Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos.

En coherencia con el objetivo general para diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con Scrum (rendimiento e integración) y en correspondencia con el enfoque cuantitativo (Hernández Sampieri et al., 2014), la investigación se estructuró como un diseño no experimental con muestreo no probabilístico intencional por conveniencia y un alcance descriptivo correlacional, orientada a construir el modelo de medición, verificar relaciones así como redundancias entre indicadores y validar estadísticamente su consistencia para uso en cada Sprint. Para la obtención de datos se adoptó una estrategia mixta de fuentes, con datos operativos (objetivos) derivados del trabajo del Sprint (Final y al día N) y datos perceptuales (subjetivos) derivados de instrumentos tipo cuestionario (Formularios), esta decisión responde a la necesidad de capturar el “avance” como fenómeno doble, es decir la entrega de resultado (rendimiento) y dinámica humana (integración).

Según Hernández-Sampieri (2014), un instrumento de recolección debe evidenciar confiabilidad, validez y objetividad, de modo que la medición sea replicable y defendible académicamente, en consecuencia, además de recolectar datos, la investigación incorpora

procedimientos explícitos para evaluar la calidad del dato y la consistencia del constructo, antes de calcular el índice.

Debido al enfoque cuantitativo y el alcance descriptivo correlacional de la investigación (Sampieri, 2014)la obtención del conocimiento se articula mediante una estructura sistémica que integra métodos de nivel teórico y empírico, esta combinación garantiza que el Índice Sintético no sea solo un constructo matemático, sino un modelo con validez científica y aplicabilidad real.

3.2.2.1 Métodos de Nivel Teórico

Estos métodos permitieron la construcción conceptual de la propuesta y la interpretación de los datos recabados:

1. **Método Analítico-Sintético:** Se aplicó al analizar por separado para desglosar el fenómeno complejo del "desempeño ágil" en sus componentes (Rendimiento e Integración) y sus indicadores base o generales, posteriormente, permitió integrarlos en la síntesis de estos elementos mediante la técnica DP2 para conformar el índice único.
2. **Método Sistémico-Estructural y de Modelación**: Fundamentado en la teoría general de sistemas, permite la identificación de componentes, analizar la estructura y determinar sus funciones. En nuestra investigación se usa para el diseño del Índice sintético al representar la realidad de los equipos Scrum de Quito como un sistema de variables interdependientes, permitiendo modelar matemáticamente la relación entre los indicadores y su peso relativo en el avance del proyecto.
3. **Método Deductivo**: Permitió transitar de la observación de métricas específicas en Sprints individuales (inducción) hacia la formulación de una ley general de comportamiento del desempeño (deducción), validando la hipótesis planteada.

3.2.2.2 Métodos de Nivel Empírico

Encargados de la recolección y validación de los datos primarios en el campo de estudio:

1. **Encuestas o cuestionarios:** Usado en los formularios que sirven para determinar el nivel de integración que perciben los integrantes del equipo Scrum.

2. **Método de Medición**: Es el eje central de la investigación, se utilizó para asignar valores numéricos a las propiedades del rendimiento (Velocidad y VCP) y a las percepciones de integración que se efectuaron en los formularios que fueron creados, la medición se fundamenta en la Distancia P2 (DP2), un método multivariante que normaliza y pondera los datos eliminando la duplicidad de información.
3. **Método de Criterio de Expertos (Delphi)**: Aplicado para la validación de la pertinencia y relevancia de los indicadores seleccionados, en este sentido expertos en el área evaluaron los instrumentos antes de su aplicación masiva, asegurando la validez de contenido.

3.2.2.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección

Para operacionalizar los métodos empíricos, se definieron las siguientes técnicas:

- Técnica de Encuesta: Se aplicó a los miembros de los equipos de desarrollo en Quito.
    - Instrumento: Cuestionarios estructurados bajo una Escala Likert de 5 puntos (1: Totalmente en desacuerdo, 5: Totalmente de acuerdo) esta técnica permitió cuantificar constructos subjetivos como Satisfacción, Retroalimentación, Comunicación y Colaboración.
- Técnica de Recopilación Documental y Análisis de Artefactos: Se utilizó para extraer datos objetivos directamente de los tableros de gestión Scrum (Jira, Azure DevOps, etc.) como son la captura de puntos comprometidos, estados de ítems al día N, puntos “Done” al cierre y capacidad declarada del equipo (en puntos), usando plantillas de registro por equipo por sprint.
    - Instrumento: Fichas de registro de métricas de rendimiento para capturar los "Puntos de Historia" planificados frente a los ejecutados (Velocidad y Capacidad).

3.2.2.4 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Una vez recabados los datos, se procedió a su tratamiento científico mediante herramientas tecnológicas avanzadas:

1. Validación Estadística en IBM SPSS Statistics:

- Análisis de Fiabilidad: La confiabilidad por consistencia interna mediante el uso del Alfa de Cronbach (α) para garantizar la consistencia interna de los indicadores de integración.
- Pruebas de Adecuación Muestral: Ejecución de las pruebas de KMO y Esfericidad de Bartlett para validar si los datos eran aptos para el análisis multivariante lo cual permitió tener filtros de "correlaciones aprovechables" antes de proceder con ponderación DP2.
- Control de Multicolinealidad: Cálculo del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para asegurar la independencia de los indicadores.

2. Procesamiento, análisis estadístico, modelación y automatización en Python:

- Se desarrollaron scripts personalizados para ejecutar el algoritmo de la Distancia P2 (DP2), con el lenguaje de desarrollo Python permitió automatizar el cálculo de las contribuciones relativas y los pesos de los bloques, facilitando la escalabilidad del modelo a diferentes periodos (2023-2025) y la generación de visualizaciones avanzadas (Mapas de calor y gráficos de dispersión), así como permitió validar los resultados de cálculo de SPSS.
- Permitió poseer una estadística descriptiva: distribución del IS (día N y cierre), medidas de tendencia central/variabilidad, histogramas y boxplots.

Sampieri 2014)describe el flujo típico de análisis cuantitativo como: seleccionar programa, ejecutar, explorar datos (descriptiva), evaluar confiabilidad, validez del instrumento y luego aplicar pruebas inferenciales de hipótesis, lo cual se realizó en esta investigación. En síntesis, los métodos definidos aseguran coherencia entre teoría y operacionalización, las técnicas garantizan control temprano de calidad (validez, confiabilidad y multicolinealidad) previo al cálculo del índice y los instrumentos (registros operativos + cuestionarios Likert) permiten capturar el avance Sprint como fenómeno dual: productividad (rendimiento) y dinámica del equipo (integración), con lo cual el diseño, además, de dejar evidencia verificable mediante doble vía de cálculo en Python y contraste estadístico en SPSS, permite fortalecer el rigor metodológico y la trazabilidad de los resultados.

3.2.2.5 Avance en proyectos ágiles de desarrollo de software con Scrum

Los principales puntos a tomar en cuenta en el nivel de avance para equipos de desarrollo de software en proyectos ágiles con Scrum, se puede entender como:

- Rendimiento visto como progreso del proyecto: Hace referencia al estado de avance del proyecto sobre rendimiento e integración de los equipos en relación con las etapas o hitos establecidos, lo cual implica evaluar si se ha completado la planificación, la ejecución, el seguimiento y el cierre de cada sprint de manera satisfactoria en función de los parámetros de los proyectos esperados.
- Cumplimiento de objetivos: Se refiere a la consecución de los objetivos específicos establecidos para cada sprint, lo cual incluye la entrega de las funcionalidades planificadas dentro de los plazos y el cumplimiento de los criterios de aceptación previamente establecidos.

Con base en lo expuesto y en función de crear un mecanismo que permita cuantificar y determinar el nivel de avance en rendimiento, se diseñó dos indicadores que buscan solventar y medir de manera simple estas premisas.

3.2.2.5.1 Velocidad por puntos (Ámbito vigente)

La velocidad por puntos, mide el grado de avance de los ítems comprometidos en el Sprint Backlog en función del estado de cumplimiento en cualquier momento del Sprint, este indicador permite observar tanto el avance temporal (durante el Sprint) como el avance final (al cierre del Sprint), aplicando ponderaciones según el progreso efectivo de cada ítem, con lo cual se puede reflejar el ritmo de avance del equipo Scrum durante el Sprint, facilitando la evaluación de la entrega incremental de valor de forma continua y comparativa con lo planificado. En el ámbito vigente incorpora los cambios que se puedan realizar durante el Sprint así, los puntos comprometidos a un día especifico se determinara como los puntos comprometidos inicialmente más los puntos añadidos debido a cambios menos los puntos de los elementos retirados hasta el día N, con lo cual se puede determinar que el indicador de velocidad al día n para medir el ritmo de avance, se lo puede calcular de la siguiente manera:

$$Velocidad\ día\ N = \left(\frac{\sum_{i=1}^{k} Pi\ .\ Ai)}{\sum_{i=1}^{k} Pi}\right) \times 100$$

Donde:

- k: Total de ítems comprometidos en el Sprint Planning.
- Pi: Puntos previamente estimados de los elementos de trabajo del Sprint backLog, según la planificación del equipo de trabajo en el Sprint Planning.
- Ai: Avance porcentual asignado al estado actual del ítem i, según la siguiente tabla:

Tabla 6. *Estados y ponderaciones en elementos de trabajo pendiente de un Sprint*

Estado	*Avance asignado*
Done	100%
In Review	70%
In Progress	30%
To Do	0%

Nota: Las ponderaciones deben ser usadas para calcular en el transcurso del tiempo de un Sprint.

El Índice de avance proporcional para Velocidad (IAP), permite evaluar la velocidad del equipo de trabajo en el transcurso del Sprint, es importante establecer que el IAP se diseña como un marco de referencia que permite interpretar la velocidad del equipo al día N, el mismo que se lo puede calcular de la siguiente manera:

IAP día n %= $\left(\frac{Velocidad\ día\ N}{\left(\frac{N}{D}\times 100\right)}\right) \times 100$

Donde:

- N es el día en el cual se hace la revisión
- D es la duración total del Sprint en días.

Para la evaluación final se realiza al cierre del Sprint y se espera que todos los ítems estén en estado Done, por lo que la fórmula se convierte en la clásica:

$$Velocidad\ final\ \% = \left(\frac{\sum Puntos\ Completados(Done)}{\sum Puntos\ Comprometidos}\right) \times 100$$

Tabla 7. *Interpretación Cuantitativa del Indicador de Velocidad (Dian N o Final)*

IAP (%)	*Nivel cualitativo*
<32%	Insuficiente
33–64%	Muy por debajo de lo previsto
65–96%	Por debajo de lo previsto
97–100%	Dentro de lo previsto
>100%	Adelantado a lo previsto

Nota: La tabla indica el nivel cualitativo según el porcentaje calculado

$$IAP\ Dia\ N = \left(\frac{Velocidad\ Final\ Día\ N}{\left(\frac{N}{D} \times 100\right)}\right) \times 100$$

Nota: N, para este caso es el día final del Sprint

Ejemplo: Para ilustrar el cálculo del índice y su interpretación se presenta un ejemplo con 5 requerimientos bajo elementos de trabajo pendiente (H1,H2,H3,H4,H5):

Tabla 8.

Datos de Ejemplo para un Sprint para cálculo de IAP e IARS

Elementos de trabajo pendiente	*Puntos Comprometidos*	*Estado Día 6*	*% Avance Día 6*	*Puntos Ganados Día 6*
H1	8	Done	100	8.0
H2	5	In Review	70	3.5
H3	7	In Progress	30	2.1
H4	6	To Do	0	0.0
H5	4	In Review	70	2.8

Nota: Los puntos ganados al día 6 están ponderados en base al estado del desarrollo de los requerimientos del Sprint o elementos de trabajo pendiente.

Total de puntos comprometidos = 30

Puntos ganados al día 6 (ponderados por estado) = 16,4 puntos

$$Velocidad\ dia\ 6 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{k} Pi\ .Ai)}{\sum_{i=1}^{k} Pi}\right) \times 100 \ = \ \left(\frac{8+3.5+2.1+2.8}{8+5+7+6+4}\right) \times 100 = 54{,}67\%$$

Velocidad Esperada = $\frac{N}{D} \times 100 = \frac{6}{10} \times 100 = 60\%$

IAP día 6 %= $\left(\frac{Velocidad\ día\ N}{\left(\frac{N}{D} \times 100\right)}\right) \times 100 = \left(\frac{54{,}67}{(60)}\right) \times 100 = 91{,}11\%$ = Por debajo de lo previsto

La velocidad del día 6 (54.67%) por sí solo podría hacer pensar que el equipo está muy atrasado, pero el IAP Día 6 (91.11%) revela que el equipo ha completado el 91.11% de lo esperado para ese día, lo cual deja un valor más aterrizado al Sprint en el Proyecto.

Al final del Sprint se considera que la velocidad del día n es igual a la velocidad final y al IAP, ya que las sumatoria de los puntos Ganados ya no son ponderados en función de los estados, sino de los elementos de trabajo pendiente que cumplieron con la definición de “Done”, el resto de elementos de trabajo pendiente regresan al product backlog y tiene un valor de 0 puntos.

3.2.2.5.2 Velocidad por capacidad de puntos (VCP)

Él indicado de velocidad por capacidad de puntos mide, en porcentaje, la capacidad declara por el equipo en puntos que se convierte en un incremento, es decir los elementos de trabajo del Sprint Backlog que llegan a ser “Done” o “Hecho”, en un corte temporal al día N o al cierre del Sprint, está orientado a la valoración del rendimiento del equipo de trabajo y aporta directamente para determinar el nivel de avance en los proyectos Scrum

Cada miembro del equipo, declara su capacidad en puntos dentro del Sprint Planning (C_i) para poder determinar la capacidad del equipo (C_{equipo}), la definición de un punto de esfuerzo es de suma importancia y se recomienda se lleve en estricto apego a los predicamentos de Scrum, es decir que se reúna el equipo de trabajo y declaren la actividad que por consenso se lo puede asumir como un punto y en base a esa actividad para el Sprint en curso se proceda a definir la capacidad de cada integrante del equipo de trabajo, también se recomienda se proceda a la evaluación del equipo del esfuerzo estimado para un punto así como la capacidad generada

mediante datos recabados en el transcurso del trabajo en el Sprint Retrospective, con lo cual podemos esquematizar el indicador de la siguiente manera:

$$Capacidad\ del\ Equipo = C_{equipo} = \sum_{i}^{j} Ci$$

Puntos realizados (Corte al día N)

$$SP\ Done_N = \sum_{i}^{N} Pi$$

Donde:

- SP Done es la suma de puntos que se encuentra en estado Done al día N
- Pi son los puntos en estado Done que se alcanzó en el día i
- N, es el día de evaluación en el Sprint
- D=N = i al cierre del Sprint, considerando que el Sprint tiene D días.

Velocidad por Capacidad de Puntos (VCP) en un día N

$$VCP_N = \left(\frac{SP\ Done_N}{C_{equipo}}\right) x\ 100$$

Al cierre, N=D (Se considera que el Sprint dura D días), este valor puede superar el 100% si el equipo entrega por encima de su capacidad declarada.

Ritmo VCP en un día N, este cálculo nos permite establecer la relación de la capacidad declarada y esperada del equipo de trabajo sobre la capacidad real realizada, este valor no se toma en cuenta para el caculo del índice sintético.

$$Ritmo\ VCP_N = \left(\frac{SP\ Done_N}{C_{equipo}(\frac{N}{D})}\right) x\ 100$$

Tabla 9.

Interpretación Cuantitativa del Indicador de Velocidad por capacidad de puntos (Temporal o Final)

Ritmo o VCP (%)	*Nivel cualitativo*
<32%	Insuficiente
33–64%	Muy por debajo de lo previsto
65–96%	Por debajo de lo previsto
97–100%	Dentro de lo previsto
>100%	Adelantado a lo previsto

Nota: La tabla indica el nivel cualitativo según el porcentaje calculado, valores atípico menores a cero o mayores a 200 deben auditarse por error en la captura.

Ejemplo: Para ilustrar el cálculo del índice y su interpretación se presenta un ejemplo con 4 requerimientos como elementos de trabajo para un Sprint de 15 días, se realiza el cálculo al día 6 y al término del Sprint, como consideración se establece que no existe cambios en los elementos de trabajo comprometidos (H1, H2, H3, H4) y además en el ejemplo se especifica que no se entregó el elemento 4 al finalizar el Sprint:

Datos Generales del ejemplo:

- Duración del Sprint (D días) = 15 días
- Día N1 (corte intermedio) = sexto día
- Día N2 (cierre) = día 15
- Declaración de Capacidad por integrante del equipo de trabajo
    - Integrante del equipo A (Dev A) se comprometió con una capacidad de 6 puntos
    - Integrante del equipo B (Dev B) se comprometió con una capacidad de 6 puntos
    - Integrante del equipo C (Dev C) se comprometió con una capacidad de 7 puntos
    - Integrante del equipo D (Dev D) se comprometió con una capacidad de 5 puntos
- Total de puntos comprometidos por el equipo C_{equipo}= 24 = 6+6+7+5
- Elementos de trabajo del Sprint, con los puntos comprometidos para el ejemplo (recordar que el valor es solo para que se evidencia la forma de cálculo) y el día del Sprint que se llegó a Done

- El Elemento 1 es de 8 puntos llego a Done en el día 6
- El Elemento 2 es de 5 puntos llego a Done en el día 2
- El Elemento 3 es de 7 puntos llego a Done en el día 4
- El Elemento 4 es de 6 puntos y nunca fue entregado

- Total de alcance requeridos en el Sprint 26

Tabla 10.

Ejemplo de cálculo diario del Indicador VCP por día

Día (N)	*Puntos de Alcance del Sprint*	C_{Equipo}	*Done acumulados*	*Delta N (puntos/día)*	*VCP N (%)*	*Velocidad N (%)*	*Ritmo VCP N (%)*
1	26	24	0	0	0	0	0
2	26	24	5	5	20,8333333	19,23076923	156,25
3	26	24	5	0	20,8333333	19,23076923	104,1666667
4	26	24	12	7	50	46,15384615	187,5
5	26	24	12	0	50	46,15384615	150
6	26	24	20	8	83,3333333	76,92307692	208,3333333
7	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	178,5714286
8	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	156,25
9	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	138,8888889
10	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	125
11	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	113,6363636
12	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	104,1666667
13	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	96,15384615
14	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	89,28571429
15	26	24	20	0	83,3333333	76,92307692	83,33333333

En este ejemplo, el equipo convirtió el 83.33% de su capacidad en incremento (Por debajo de lo previsto), pero no alcanzó a completar todo el alcance, la velocidad fue de 76.92% lo cual sugiere que esta brecha puede ser debido a una subestimación del alcance, cambios no previstos, o pérdida de flujo en la segunda mitad. Es importante destacar que en este ejemplo hasta el día 6 del Sprint de 15 días entregan 3 elementos de trabajo del Sprint Backlog, por lo cual el Ritmo de VCP, en el análisis diario refleja un avance muy grande con rangos mayores al 100%, sin embargo, al no haber más entregas va decayendo hasta llegar al 83,33%, lo cual nos permitiría

explicar un aparente problema en el elemento de trabajo 4 o una ineficiente cuantificación de esfuerzo para concluir el elemento de trabo 4.

3.2.2.6 Integración de los equipos de desarrollo de Software

La Integración del Equipo de Desarrollo busca medir el grado de cohesión, colaboración efectiva y alineación interna entre los miembros de un equipo Scrum, en la propuesta de valor que se incluye en este análisis se considera un componente crítico para el éxito de equipos ágiles, ya que influye directamente en la transparencia, inspección y adaptación que son pilares fundamentales de SCRUM. Para el cálculo, se basa en 4 indicadores, los cuales usan cada uno, un cuestionario estructurado de 5 ítems, que se encuentra especificado en el apartado Diseño de instrumentos de investigación con cuestionarios en línea con escalas Likert de tipo del 1 al 5 para cada indicador, los valores que se atribuyen a cada tipo de respuesta son:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Neutral

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

3.2.2.6.1 Satisfacción del equipo

Mide en porcentaje, la satisfacción del equipo Scrum con respecto al desarrollo del Sprint actual, considerando aspectos como comunicación, carga de trabajo, colaboración, claridad de tareas y percepción de avance.

El instrumento que nos permite medir la satisfacción del equipo, se basa en un cuestionario anónimo y corto, aplicado al equipo de desarrollo, con preguntas en escala Likert de 5 puntos, en función del diseño general para indicadores de Integración y el cual se puede revisar en Cuestionario de satisfacción del Equipo más delante en este documento, si se desea evaluar en el transcurso del Sprint, es decir en un día N, se lo puede realizar, en el mismo esquema y formato, el cálculo se lo realiza mediante la siguiente formula:

$$Satisfacción_{Desarrollador}\ \%= \left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .\ L_{min})}{p(L_{\max -} Lim_{min})}\right) \times 100$$

Donde:

- Lim_{min} **valor mínimo** de la escala Likert (p. ej., 1).
- L_{max} **valor máximo** de la escala Likert (p. ej., 5).
- $R_{Desarrollador\ j}$: respuesta de la persona al ítem j en la escala Likert (valor entre Lim_{min} y L_{max})
- p: número de ítems efectivamente respondidos por la persona (si hay faltantes, p es el total contestado).
- Esta transformación asegura que el mínimo de la escala Lim_{min} se mapee a 0% y el máximo L_{max} a 100%.

Sobre la formula antes expresada es importante notar:

$$Satisfacción_{Desarrollador}\% = \frac{\sum_{j=1}^{p} R_{(Desarrollador,j)} - p \cdot L_{\min}}{p \cdot (L_{\max} - L_{\min})} \cdot 100$$

Si ponemos esos valores ($Lim_{min} = 1\ y\ Lim_{max} = 5$):

$$= \frac{\sum R_j - p \cdot 1}{p \cdot (5-1)} \cdot 100 = \frac{\sum R_j - p}{4p} \cdot 100$$

Se define la **media Likert** del desarrollador: $\bar{L} = \frac{\sum R_j}{p}$

Entonces: $\sum R_j - p = p(\bar{L} - 1)$

y la fórmula queda:

$$\text{Satisfacción}_{Desarrollador}\% = \frac{p(\bar{L}-1)}{4p} \cdot 100 = \frac{\bar{L}-1}{4} \cdot 100$$

Es decir ➔ $\text{Satisfacción}_{Desarrollador}\% = \frac{\text{Media Likert} - 1}{4} \cdot 100$

Para el Equipo

$$Satisfacción_{equipo} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Rij - (\sum_{j=1}^{p} pi\, L_{min})}{\left(\sum_{j=1}^{p} pi\right)(L_{max} - L_{min})}\right)$$

Donde:

- n es el número de miembros del equipo que respondieron el cuestionario.
- P es el número total de respuestas
- R_ij es la respuesta del miembro i en la pregunta j (valor de 1 a 5)
- El numerador es la suma total de respuestas obtenidas por todos los miembros en todas las preguntas.
- El denominador representa la máxima puntuación posible: todos los miembros (n) respondiendo todas las preguntas (p) con la calificación máxima (5).
- El resultado se transforma en porcentaje para su interpretación.

Si denotamos:

- $N_{total} = \sum_{i=1}^{n} p_i$= total de respuestas (todos los desarrolladores × ítems),
- $\bar{L}_{global} = \frac{\sum_{i,j} R_{ij}}{N_{total}}$= media Likert global del equipo,

entonces: $\sum_{i,j} R_{ij} - N_{total} \cdot L_{\min} = N_{total}(\bar{L}_{global} - L_{\min})$

y la fórmula se vuelve:

$$\text{Satisfacción}_{equipo}\% = \frac{N_{total}(\bar{L}_{global} - L_{\min})}{N_{total}(L_{\max} - L_{\min})} \cdot 100 = \frac{\bar{L}_{global} - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} \cdot 100$$

Con $L_{\min} = 1$, $L_{\max} = 5$➔ $\text{Satisfacción}_{equipo}\% = \frac{\bar{L}_{global} - 1}{4} \cdot 100$

Es **la misma expresión**: promedio Likert → escalar a 0-100.

Ítems del Cuestionario (dimensiones de integración)

1. Estoy satisfecho con el avance del Sprint actual.
2. La carga de trabajo de este Sprint ha sido sostenible.
3. Las herramientas utilizadas en este Sprint facilitaron mi trabajo.
4. Me siento valorado por mi equipo.
5. Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints.

Tabla 11.

Escala de Interpretación Cualitativa Índice de Satisfacción

Porcentaje obtenido (%)	*Nivel Cualitativo*
0% – 32%	Muy Insatisfecho
33% – 64%	Insatisfecho
65% – 79%	Neutral
80% – 94%	Satisfecho
95% – 100%	Muy Satisfecho

Nota: La tabla genera la referencia para transformar del cálculo al nivel Cualitativo

3.2.2.6.2 Retroalimentación en el Sprint

Mide el grado de participación y profundidad de la retroalimentación brindada por los miembros del equipo Scrum, puede ser en cualquier momento del Sprint o al final durante la *Sprint Retrospective*, enfocándose en la reflexión crítica, identificación de mejoras y compromiso con el aprendizaje.

Ítems del Cuestionario (dimensiones de integración)

1. Durante este Sprint he recibido comentarios útiles para mejorar mi trabajo
2. Me sentí cómodo dando retroalimentación a otros miembros del equipo
3. La retroalimentación fue recibida de forma respetuosa y constructiva
4. Las observaciones compartidas durante el Sprint contribuyeron a mejorar procesos o entregables
5. El equipo demostró apertura para escuchar y aplicar sugerencias

Escala de respuesta:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Neutral

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

Cálculo

$$Retroalimentacion_{Desarrollador}\ \%= \left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$$

Donde:

- Lim_{min} **valor mínimo** de la escala Likert (p. ej., 1).
- $L_{\ max}$ **valor máximo** de la escala Likert (p. ej., 5).
- $R_{Desarrollador\ j}$: respuesta de la persona al ítem j en la escala Likert (valor entre Lim_{min} y $L_{\ max}$)
- p: número de ítems efectivamente respondidos por la persona (si hay faltantes, p es el total contestado).
- Esta transformación asegura que el mínimo de la escala Lim_{min} mapee a 0% y el máximo $L_{\ max}$ a 100%.

$$Retroalimentacion_{equipo} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\ Rij - (\sum_{j=1}^{p}\ pi\ L_{min}\ )}{\left(\sum_{j=1}^{p}\ pi\right)(\ L_{max} - L_{min}\ )}\right)$$

Donde:

- n es el número de miembros del equipo que respondieron el cuestionario.
- P es el número total de respuestas
- R_ij es la respuesta del miembro i en la pregunta j (valor de 1 a 5)
- El numerador es la suma total de respuestas obtenidas por todos los miembros en todas las preguntas.

- El denominador representa la máxima puntuación posible: todos los miembros (n) respondiendo todas las preguntas (p) con la calificación máxima (5).
- El resultado se transforma en porcentaje para su interpretación.

Con la misma lógica expresada en el indicador de satisfacción y basados en que la escala Likert para este indicador tiene valores máximos y mínimo similar (Con $L_{\min} = 1$, $L_{\max} = 5$) podemos concluir que las fórmulas para uso se estructurarían de la siguiente manera:

$$\text{Retroalimentación}_{Desarrollador}\% = \frac{\text{Media Likert} - 1}{4} \cdot 100$$

$$\text{Retroalimentación}_{equipo}\% = \frac{\bar{L}_{global} - 1}{4} \cdot 100$$

Tabla 12.

Escala de Interpretación Cuantitativa del Indicador de Retroalimentación

Porcentaje obtenido (%)	*Nivel Cualitativo*
0% – 32%	Escasa
33% – 64%	Moderada
65% – 79%	Abundante
80% – 94%	Muy Abundante
95% – 100%	Fluida

Nota: La tabla genera la referencia para transformar del cálculo al nivel Cualitativo

3.2.2.6.3 Efectividad en la comunicación

Evalúa la percepción del equipo Scrum sobre la claridad, oportunidad y comprensión de la comunicación interna durante el Sprint, abarcando tanto aspectos sincrónicos (reuniones, daily stand-ups) como asincrónicos (mensajes, tareas en Jira, documentación).

Este indicador busca identificar si el flujo de información dentro del equipo es eficiente, facilita la colaboración, y reduce malentendidos o retrabajos, es importante destacar que la comunicación efectiva es uno de los pilares de los equipos ágiles. Una comunicación deficiente genera retrasos, ambigüedad, retrabajo y disminución del rendimiento general del equipo, este

indicador permite hacer visible un factor subjetivo pero crítico en la dinámica del Sprint, el indicador puede ser evaluado en el transcurso del Sprint o al final del mismo.

Ítems del Cuestionario

1. Estuve informado del estado del trabajo del equipo
2. Cuando surgieron dudas, pude resolverlas comunicándome con el equipo.
3. La información sobre tareas y prioridades fue clara durante el Sprint.
4. La comunicación fue oportuna para prevenir bloqueos o malentendidos.
5. Las decisiones relevantes del Sprint quedaron documentadas

Escala de respuesta:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Neutral

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

Cálculo

$$Efectividad\ Comunicación_{Desarrollador}\ \%= \left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$$

Donde:

- Lim_{min} **valor mínimo** de la escala Likert (p. ej., 1).
- $L_{\ max}$ **valor máximo** de la escala Likert (p. ej., 5).
- $R_{Desarrollador\ j}$: respuesta de la persona al ítem j en la escala Likert (valor entre Lim_{min} y $L_{\ max}$)
- p: número de ítems efectivamente respondidos por la persona (si hay faltantes, p es el total contestado).
- Esta transformación asegura que el mínimo de la escala Lim_{min} mapee a 0% y el máximo $L_{\ max}$ a 100%.

$$Efectividad\ comunicación_{equipo} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\ Rij - (\sum_{j=1}^{p}\ pi\ L_{min}\ )}{\left(\sum_{j=1}^{p}\ pi\right)(\ L_{max} - L_{min}\ )}\right)$$

Donde:

- n es el número de miembros del equipo que respondieron el cuestionario.

- P es el número total de respuestas
- R_ij es la respuesta del miembro i en la pregunta j (valor de 1 a 5)
- El numerador es la suma total de respuestas obtenidas por todos los miembros en todas las preguntas.
- El denominador representa la máxima puntuación posible: todos los miembros (n) respondiendo todas las preguntas (p) con la calificación máxima (5).
- El resultado se transforma en porcentaje para su interpretación.

Con la misma lógica expresada en el indicador de satisfacción y basados en que la escala Likert para este indicador tiene valores máximos y mínimo similar (Con $L_{\min} = 1$, $L_{\max} = 5$) podemos concluir que las formulas para uso se estructurarían de la siguiente manera:

$$Efectividad\ comunicación_{Desarrollador}\% = \frac{\text{Media Likert} - 1}{4} \cdot 100$$

$$Efectividad\ comunicación_{equipo}\% = \frac{\bar{L}_{global}\ -\ 1}{4} \cdot 100$$

Tabla 13.

Escala de Interpretación Cualitativa del Índice de Efectividad en la comunicación en el Sprint

Porcentaje obtenido (%)	*Nivel Cualitativo*
0% – 32%	Escasa
33% – 64%	Moderada
65% – 79%	Abundante
80% – 94%	Muy Abundante
95% – 100%	Fluida

Nota: La tabla genera la referencia para transformar del cálculo al nivel Cualitativo

3.2.2.6.4 Métrica de Colaboración

Evalúa el grado de colaboración efectiva entre los miembros del equipo Scrum durante el Sprint, considerando el apoyo mutuo, la disposición para ayudar, la participación conjunta en tareas y el enfoque colectivo para alcanzar los objetivos del Sprint. La colaboración es una práctica esencial para los equipos Scrum, un equipo autogestionado necesita altos niveles de

cooperación, respeto mutuo y alineación continua para decidir colectivamente quién hace qué, cuándo y cómo. Esta métrica permite evaluar la percepción del equipo sobre su capacidad real de trabajar en conjunto y avanzar hacia los objetivos del Sprint.

Ítems del Cuestionario

1. El equipo trabajó de forma conjunta para resolver problemas o tareas
2. Recibí apoyo de otros miembros del equipo para desbloquear tareas
3. Se compartieron conocimientos útiles para avanzar en el trabajo.
4. Las decisiones sobre el trabajo se tomaron de manera participativa.
5. Hubo disposición real del equipo para colaborar más allá de las tareas individuales.

Escala de respuesta:

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Neutral

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

Cálculo

$$Colaboración_{Desarrollador}\ \%= \left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$$

Donde:

- Lim_{min} **valor mínimo** de la escala Likert (p. ej., 1).
- L_{max} **valor máximo** de la escala Likert (p. ej., 5).
- $R_{Desarrollador\ j}$: respuesta de la persona al ítem j en la escala Likert (valor entre Lim_{min} y L_{max})
- p: número de ítems efectivamente respondidos por la persona (si hay faltantes, p es el total contestado).
- Esta transformación asegura que el mínimo de la escala Lim_{min} mapee a 0% y el máximo L_{max} a 100%.

$$Colaboración_{equipo} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\ Rij - (\sum_{j=1}^{p}\ pi\ L_{min}\ )}{\left(\sum_{j=1}^{p}\ pi\right)(\ L_{max} - L_{min}\ )}\right)$$

Donde:

- n es el número de miembros del equipo que respondieron el cuestionario.
- P es el número total de respuestas
- R_ij es la respuesta del miembro i en la pregunta j (valor de 1 a 5)
- El numerador es la suma total de respuestas obtenidas por todos los miembros en todas las preguntas.
- El denominador representa la máxima puntuación posible: todos los miembros (n) respondiendo todas las preguntas (p) con la calificación máxima (5).
- El resultado se transforma en porcentaje para su interpretación.

Con la misma lógica expresada en el indicador de satisfacción y basados en que la escala Likert para este indicador tiene valores máximos y mínimo similar (Con $L_{\min} = 1$, $L_{\max} = 5$) podemos concluir que las formulas para uso se estructurarían de la siguiente manera:

$$Colaboración_{Desarrollador}\% = \frac{\text{Media Likert} - 1}{4} \cdot 100$$

$$Colaboración_{equipo}\% = \frac{\bar{L}_{global} - 1}{4} \cdot 100$$

Tabla 14. *Escala de Interpretación Cualitativa del Índice de Colaboración*

Porcentaje obtenido (%)	*Nivel Cualitativo*
0% – 32%	Escasa
33% – 64%	Moderada
65% – 79%	Abundante
80% – 94%	Muy Abundante
95% – 100%	Fluida

Nota: La tabla genera la referencia para transformar del cálculo al nivel Cualitativo

3.2.2.7 Cuadro General de Indicadores

Tabla 15. *Cuadro General de Indicadores de Gestión*

Indicador	*Tipo*	*Evaluación Temporal*	*Evaluación Final*	*Unidad / Cálculo base*
Velocidad	Cuantitativo	☑ Sí	☑ Sí	% (0–100+) = (Puntos Done / Puntos comprometidos) × 100

IAP (avance proporcional al día N)	— (parte de Velocidad)	☑ Sí	☒ No	Parte de Velocidad (avance esperado a día N)
Velocidad por Capacidad en Puntos (VCP)	Cuantitativo	☑ Sí	☑ Sí	% (0–100+) = (Puntos Done / Puntos comprometidos) × 100
Satisfacción del Equipo	Perceptivo	☑ Sí	☑ Sí	Likert → % (0–100). Persona: $\left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$ Equipo: $\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Rij - (\sum_{j=1}^{p} pi\ L_{min})}{\left(\sum_{j=1}^{p} pi\right)(L_{max} - L_{min})}\right)$
Retroalimentación en el Sprint	Perceptivo	☑ Sí	☑ Sí	Likert → % (0–100). Persona: $\left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$ Equipo: $\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Rij - (\sum_{j=1}^{p} pi\ L_{min})}{\left(\sum_{j=1}^{p} pi\right)(L_{max} - L_{min})}\right)$
Efectividad en la Comunicación	Perceptivo	☑ Sí	☑ Sí	Likert → % (0–100). Persona: $\left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$ Equipo: $\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Rij - (\sum_{j=1}^{p} pi\ L_{min})}{\left(\sum_{j=1}^{p} pi\right)(L_{max} - L_{min})}\right)$
Métrica de Colaboración	Perceptivo	☑ Sí	☑ Sí	Likert → % (0–100). Persona: $\left(\frac{\sum_{j=1}^{p} R_{Desarrollador\ j} - (p\ .L_{min})}{p(L_{\max -}\ Lim_{min})}\right) \times 100$ Equipo: $\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Rij - (\sum_{j=1}^{p} pi\ L_{min})}{\left(\sum_{j=1}^{p} pi\right)(L_{max} - L_{min})}\right)$

Nota: IAP se usan para el seguimiento temporal de Velocidad, no se reportan como indicadores.

3.2.2.8 Indicadores eliminados

En la revisión inicial del diseño del modelo del índice sintético y de los indicadores generales, no se tomó en cuenta los siguientes indicadores basado en una revisión teórica

Tabla 16. *Indicadores analizados y no tomados en cuenta para el índice sintético*

Indicador	*Motivo original*	*Validación metodológica (hoy)*	*Dónde queda cubierto / nota*
Tasa de Éxito de los Objetivos del Sprint	Incompatible con teoría de Scrum, no evaluable temporalmente	✔ Correcto. En Scrum hay un Sprint Goal, su "éxito" es esencialmente binario y se juzga al Review. Convertirlo en "tasa" (o % de objetivos) incentiva anti-patrones y no aporta granularidad ni lectura intermedia.	La percepción de logro se refleja indirectamente en Satisfacción y, en parte, en Retroalimentación (ítem de aplicación de mejoras).
Tiempo del Ciclo	Solapamiento conceptual con Tiempo de Entrega	✔ Válido en flujos tipo Kanban, en este estudio (enfoque por Sprint) su aporte es redundante con métricas de rendimiento y difícil de estandarizar a 0–100 de forma comparativa.	La eficiencia del flujo se evalúa por Velocidad y VCP, si más adelante se desea analizar cuellos de botella, puede medirse fuera del índice.
Tiempo de Resolución de Impedimentos	Impracticable por volumen y trazabilidad	✔ Costo de captura alto, casuística heterogénea y varianza extrema, sesga el análisis y "penaliza" equipos con mejor registro.	Efectos de la gestión se ven en Velocidad/VCP y, cualitativamente, en Comunicación y Colaboración.
Trabajo Realizado / Restante (original)	Subsumido por Trabajo Realizado del Sprint y Velocidad	✔ Correcto. El par "hecho/restante" se refleja en Velocidad por puntos (y en IARS/IAP como partes de Velocidad).	IARS (avance real) e IAP (esperado) cubren el seguimiento temporal, al cierre, Velocidad.
Tiempo de entrega (definido originalmente como % horas planificadas/horas reales)	Contradicción con Scrum	✔ El enfoque en horas y la razón "planificado/real" no es Lead Time y empuja conductas no deseables en Scrum. Si quisiéramos un "Lead Time" real (creación→Done) es viable, pero queda fuera del objetivo del índice y requiere otro diseño.	Los resultados se monitorean con Velocidad/VCP y, en la integración, con los 4 perceptivos.

Nota: Trabajo Realizado del Sprint (TRS) también fue descartado en la depuración final (alta colinealidad con Velocidad por puntos y VCP) y se decidió conservar el seguimiento temporal vía IARS/IAP como partes de Velocidad.

La exclusión de estos indicadores es basada en revisiones metodológicas que buscan dar coherencia al propósito del índice (rendimiento + integración) y tener simplicidad y fiabilidad en el proceso.

3.2.2.9 Índice sintético

Los indicadores de gestión de proyectos se caracterizan por la formalización de la planeación de proyectos y la optimización de la gestión de proyectos, con uso de procesos automáticos para establecer una interconexión de los trabajos y tareas realizadas mediante el análisis de los datos permitiendo la comunicación entre los participantes con lo cual se puede dar seguimiento y control (Rodríguez Esguerra et al., 2019, p. 54,55).

En este sentido se puede tener varios indicadores para establecer mediciones en diferentes análisis, no obstante tener un solo mecanismo que permita visualizar el estado de un proceso, procedimiento o conjunto de directrices que guarden relación en un solo valor se conoce como índice sintético, el cual en la investigación de Diseño de un Modelo de Índice Sintético para determinar el nivel de avance en proyectos Ágiles con Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de Software en Quito Ecuador en el periodo del 2023 al 2025, parten de los indicadores generales que se definieron o diseñaron para medir el avance en proyectos ágiles con Scrum, para finalmente tener un valor de índice que permite trasladar el valor en forma cualitativa, el diseño final deber[a obedecer al siguiente cuadro:

Tabla 17.

Valores del Índice Sintético

Nivel	*Valor Transformado*	*Valor (%)*
1	Insuficiente	Menor a 32%
2	Muy por debajo de lo esperado	33-64%
3	Por debajo de los esperado	65–96%
4	Dentro de lo esperado	97–100%
5	Por encima de lo esperado	Mayor a 100%

Nota: La tabla indica los valores del índice

3.2.2.10 Índice sintético basado en DP_2

El resultado de los indicadores que se desarrollaron, sirve como referencia comparativa y operativa, es decir para ordenar, comparar y finalmente alimentar al índice sintético, no se debe

leer como probabilidades ni como tasas reales, sino como puntajes normalizados en una escala de 0–100 obtenida por transformación lineal de los valores originales.

La distancia P_2 o DP_2, se considera una variación de la distancia-I de Ivanovic, la cual permite la construcción de un índice sintético basado en coeficientes de determinación de pesos con distancias, lo que permite ponderar la diferencia entre los valores de cada indicador que se añade, $\sqrt{1-R^2}$, denominado factor de corrección, este esquema permite eliminar la duplicidad de información en función de las distancias de cada valor de su respectivo indicador basado en el orden que se incluyan (García et al., 2008).

A pesar que un análisis de componentes principales categóricos podría ser inicialmente un esquema recomendado para la generación del índice sintético, debemos recordar que los indicadores ya están en escala cuantitativa, lo cual permite el uso de DP_2 y así evitar normalizaciones de los indicadores, además a pesar de pasar de Likert a un valor cuantitativo por una transformación lineal, no altera las distancias estandarizadas que usa DP_2 ni el orden relativo entre equipos/sprints, otras ventajas de usar este enfoque para crear el índice sintético son:

- Direccionalidad alineada (Monotonicidad). Todos los indicadores fueron definidos con “más es mejor” (no hay inversiones de escala), por lo que los valores cuantitativos de los indicadores en porcentajes son coherentes y comparables.
- Homogeneidad de métrica. Expresarlos entre 0–100 unifica la lectura y evita mezclar escalas heterogéneas, el valor cuantitativo del resultado expresado en porcentaje aquí es un puntaje (no una probabilidad), válido para comparar y agregar.
- Estructura de correlaciones razonable: Es excelente para datos donde no exista colinealidad perfecta (Factor de Inflación de la Varianza VIF moderados, información que aporta una variable ya está siendo explicada por otras variables) y la relación entre variables de bloque es suficiente para síntesis (Como un esquema opcional PCA exploratorio solo como heurística de orden. No se usa PCA para ponderar por bloques ejecutada), lo que respalda el uso de un índice compuesto, la tolerancia mayor o igual a 0.20
- DP_2 da una regla única y explícita: suma de distancias estandarizadas a una referencia (el mínimo observado) ponderadas por $\sqrt{1-R^2}$, Con ello:

- Se evita doble conteo de información correlacionada.
- Se puede calcular subíndices por bloque y un global de forma coherente, característica que sirve para la generación del índice.

3.2.2.11 Teoría de construcción del índice sintético

El análisis, diseño y construcción del índice sintético para medir avance e integración en proyectos de desarrollo de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025, se basa en el uso de la técnica de la distancia (P_2), que parte de los datos de los indicadores generales, agrupados en dos esquemas que obedecen a la teoría del índice sintético que se desea investigar, el componente o bloque de avance (CR) y de integración (CI), que concuerdan con los constructos los mismos que se analiza.

El Índice Sintético se construye mediante un esquema de agregación que combina los dos constructos teóricos del modelo: Rendimiento e Integración, la fórmula general es:

$$Indice\ Sintético(i) = x \cdot \underbrace{Componente_Rendimiento(i)}_{C_R(i)} + y \cdot \underbrace{Componente_Integración(i)}_{C_I(i)}$$

Donde:

- Componente_Rendimiento = C_R = Componente de Rendimiento
- Componente_Integración = C_I = Componente de Integración

El cálculo del índice sintético, obedece a teoría, matemáticas y estadística que se plasma en este documento de una manera lógica, estructurada y buscando sea fácil de asimilar por lo cual se revisa la descripción matemática, sin embargo, se puede usar programas o herramientas estadísticos a la par para calcular varios ítems.

En el marco de generar una comprensión clara de la teoría del índice sintético, se deja un resumen practico a manera de ruta o resumen estructural en el cual se puede observar los pasos principales, así como se diferencia los cálculos de los componentes que sirven para gestionar el proyecto y se podría revisar en el Scrum Review y los cálculos que son necesarios para generar el índice sintético:

Notación

- i: unidad (equipo×sprint×corte).
- j: indicador.
    - R = {r1,r2}(Dos indicadores generales en Rendimiento).
    - I = {i1,i2,i3,i4} (Integración).
- x_{ij}: valor observado (0–100, “más es mejor”).
- $\pi(j)$: orden del indicador j en el bloque.
- $R^2_{\pi(j)}$: coeficiente de determinación
- $\omega_{\pi(j)} \equiv \sqrt{1 - R^2_{\pi(j)}}$: penalización DP2 (anti-redundancia).

1) Preparación de datos

- Definir unidad de análisis: equipo × sprint × (día N o cierre).
- Consolidar las 6 variables/indicadores primarios
    - Rendimiento: Velocidad por puntos, Velocidad por Capacidad en Puntos (VCP).
    - Integración: Satisfacción del equipo, Retroalimentación en el Sprint, Efectividad en la comunicación, Métrica de colaboración.

2) Control de calidad de datos temprano para asegurar Validación y Rigor Metodológico (KMO/Bartlett, VIF, α)

En función de convalidar que los 6 indicadores generales, se verifica que combinar variables sea estadísticamente razonable y que no existan problemas graves de redundancia o inconsistencia interna, por lo cual se procede a realizar un control de calidad mediante Bartlett, KMO (Kaiser-Meyer-Olkin),VIF (Factor de Inflación de la Varianza) y α de Cronbach.

- Esfericidad Bartlett: $\chi^2 = -\left(\mathrm{n} - 1 - \frac{2\mathrm{p}+5}{6}\right) \cdot \ln|\mathrm{R}|$

  Criterio: $p < 0.05 \Rightarrow$ la matriz no es identidad y existen correlaciones aprovechables.
- Kaiser-Meyer-Olkin KMO global:

$\text{KMO} = \frac{\left(\sum_{\{i \neq j\}} r_{\{ij\}}^2\right)}{\sum_{i \neq j} r_{\{ij\}}^2 + \sum_{i \neq j} p_{ij}^2}$, donde r_{ij} son correlaciones simples y p_{ij} correlaciones parciales.

Criterio: Un KMO alto, se puede considerar cuando es mayor a 0.80 considerado "bueno" y mayor a 0.50 puede ser aceptable (Flores Mancheno et al., 2021). Como definición para la investigación: **KMO ≥ 0.60** aceptable y el ideal mayor o igual a 0.80

- VIF por indicador j: $\text{VIF}_j = 1 \frac{1}{\left(1 - R_j^2\right)}$ (R_j^2 de regredir x_j sobre el resto de variables)
  - $\text{Tolerancia}_j = 1/\text{VIF}_j$. VIF ≤ 5, si es mayor hay multicolinealidad.
- Confiabilidad (bloque Integración, k=4): α de Cronbach $\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum \sigma_{\text{item}}^2}{\sigma_{\text{total}}^2}\right)$

  Criterio: α ≥ 0.70. Si no se cumple: revisar ítems/indicadores o dejar constancia metodológica y justificar

Este procedimiento, es requerido y necesario en el contexto de la investigación para asegurar la construcción de un índice sintético conceptualmente correcto y con componentes adecuados.

3) Cálculo de los 6 indicadores primarios (0–100)

Para cada sprint, un equipo Scrum que quiera aplicar el índice solo necesita calcular sus seis indicadores en escala 0–100 (día N o cierre):

- Rendimiento
  - Velocidad por puntos (%).
  - Velocidad por capacidad en puntos – VCP (%).
- Integración
  - Satisfacción del equipo (%).
  - Retroalimentación en el Sprint (%).
  - Efectividad en la comunicación (%).
  - Métrica de colaboración (%).
- Likert (1–5) → **%** (para Integración): $x_{ij} = \frac{\overline{L}_i - 1}{4} \times 100$.

- Velocidad por puntos (%): $x_{i,Vel} = \frac{\sum \text{Puntos Done}}{\sum \text{Puntos planificados}} \times 100.$
- VCP (%): $x_{i,VCP} = \frac{\sum \text{Puntos Done}}{\text{Capacidad declarada en puntos}} \times 100.$
- Recortar a [0,100] y documentar reglas de redondeo.

4) Estandarización de volatilidad para DP2 (Opción A: x/σ)

- Calibración por indicador: estimar la desviación estándar σ_j (documentar la media si se requiere trazabilidad, se puede usar los datos de este estudio o generar los propios por equipo luego de al menos 25 observaciones) en una muestra de calibración; congelar $\sigma_j$por ventana.
- Variable escalada: usar x_{ij}/σ_jtanto para calcular los R^2 secuenciales (penalización) como para el puntaje de cada bloque.

Nota: se elimina el uso de z-scores para DP2, la referencia común es x/σ.

5) DP2 por bloque (R e I)

- Orden de entrada **(π) por bloque**: definir un orden fijo **π (1) …π(p)** que minimice redundancia (regla teórica o, si se desea, **PCA por bloques ejecutada**), **congelar por ventana**.
- **Penalización secuencial (redundancia)**:
- Para J = 1: $R^2_{\pi(1)} = 0 \Rightarrow \omega_{\pi(1)} = 1$
- Para $j \geq 2$: $R^2_{\pi(j)} = R^2\left(\left(\frac{x_{\pi(j)}}{\sigma_{\pi(j)}}\right) \sim \left(\frac{x_{\pi(1)}}{\sigma_{\pi(1)}}\right), \dots, \left(\frac{x_{\pi(j-1)}}{\sigma_{\pi(j-1)}}\right)\right)$; $\omega_{\pi(j)} = \sqrt{1 - R^2_{\pi(j)}}$

  Congelar ωpor ventana.
- **Puntaje del bloque (score bruto)**:

$$S_i^{(B)} = \sum_{j=1}^{p} \omega_{\pi(j)} \cdot \left(\frac{d_{i\pi(j)}}{\sigma_{\pi j}}\right) = \sum_{j=1}^{p} \omega_{\pi(j)} \cdot \left(\frac{x_{ij}}{\sigma_{\pi j}}\right) = \sum_{j=1}^{p} \omega_{\pi(j)} \cdot \left(\frac{x_{i\pi(j)}}{\sigma_{\pi j}}\right)$$

Rendimiento: $SR_{DP2}(i)$. Integración: $SI_{DP2}(i)$

6) DP2 Global y pesos de bloque (x, y)

- Con las 6 variables, repetir DP2 global → $\omega_j^{(G)} = \sqrt{1 - R_j^{2\,(G)}}$.
- Contribución relativa por indicador: (se cumple $\sum c_j^{(G)} = 1$).

$$c_j^{(G)} = \frac{\omega_j^{(G)}}{\sum_{k=1}^{6} \omega_k^{(G)}}$$

- Acumular por bloque: x + y = 1, $X = S_R = \sum_{j \in R} c_j^{(G)}$, $y = S_I = \sum_{j \in I} c_j^{(G)}$

6) Índice final (0–100)

$$\mathrm{IS}(i) = x \cdot \mathrm{IR}_{DP2}(i) + y \cdot \mathrm{II}_{DP2}(i)$$

- 0–32 Insuficiente
- 33–64 Muy por debajo
- 65–96 Por debajo
- 97–100 Dentro

3.2.2.12 Componentes

Los componentes se calculan como subíndices independientes para cada bloque, asegurando la modularidad y replicabilidad del modelo, así tenemos:

- **Componente de Rendimiento ($\mathbf{C_{R(i)}}$):** Se define como índice DP_2, componente del bloque de Rendimiento $I_i^{(Rendimiento)}$, se construye utilizando únicamente sus indicadores (Velocidad, Velocidad por Capacidad en Puntos VCP). El proceso incluye un orden de entrada y una penalización por redundancia $\sqrt{1 - R^2}$ calculados internamente dentro del bloque, el resultado final se escala a 0–100.
- **Componente de Integración (CI(i)):** Análogamente, se define como índice DP_2 del bloque de Integración $I_i^{(Integració)}$, construido con sus cuatro indicadores (Satisfacción, Retroalimentación, Comunicación, Colaboración) y escalado de 0–100.

3.2.2.13 Preparación de Datos

3.2.2.13.1 Calcular la prueba de esfericidad de Bartlett:

Este concepto se usa para determinar si los indicadores generales que son las variables para la investigación, tienen correlación entre ellos. Chi-cuadrado (χ^2), un χ^2más alto indica que es más probable que las variables estén correlacionadas, lo cual implica que sea significativo.

$$\chi^2 = -\left(n - 1 - \frac{2p+5}{6}\right) \cdot \ln|R|$$

Donde:

- n tamaño muestral (Equipos x Sprints)
- p número de variables (En este caso 6, debido a que son 6 indicadores)
- $-\left(n - 1 - \frac{2p+5}{6}\right)$ Es un factor de corrección, es un multiplicador que ajusta el cálculo basándose en el tamaño muestral (n), numero de variables (p).
- R es la matriz de correlaciones.
- $|R|$, el determinante de R es un solo número que resume toda la matriz de correlaciones (R), los posibles valores son:
    - Escenario Malo (No hay correlación): Si las variables son 100% independientes, Res una matriz de identidad, y su determinante $|R|$es exactamente 1.
    - Escenario Bueno (Hay correlación): Cuanto más correlacionadas estén las variables entre sí, el determinante $|R|$se hace más pequeño, acercándose a 0.
- $\ln |R|$ (Logaritmo Natural del Determinante)
    - Escenario Malo: Si $|R| = 1$(no hay correlación), entonces $\ln(1) = 0$, la fórmula entera se multiplica por cero, dando un χ^2de 0 (nada significativo).
    - Escenario Bueno: Si $|R|$es pequeño (ej. 0.05), su logaritmo $\ln(0.05)$es un número negativo grande (ej. -2.99).

Cuanto más correlacionadas estén las variables, más grande será el valor de Chi Cuadrado (χ^2) resultante, por lo cual se puede establecer en forma general que un buen criterio de decisión es establecer un KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) en Bartlett mínimo para análisis basados en correlaciones mayor o igual a 0.60 y un valor de probabilidad o significancia de p-valor < 0.05:

- **p < 0.05 (Criterio Bartlett):** Confirma que los datos *tienen* correlaciones que analizar.
- **KMO** ≥ 0.60 **(Criterio KMO):** Confirma que esas correlaciones son *coherentes* y se agrupan en factores comunes.

3.2.2.13.2 Calcular KMO global (y por bloque si se requiere):

$$\text{KMO} = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} p_{ij}^2}$$

Donde:

- r_{ij} son correlaciones
- p_{ij} son correlaciones parciales
- $i \neq j$ es para evitar la correlación de una misma variable, lo cual inflaría artificialmente el resultado y el KMO siempre saldría altísimo, haciéndonos creer que los datos son perfectos cuando quizás no lo son.

La fórmula del KMO es una proporción que mide la "pureza" de correlaciones, para lo cual compara la cantidad de correlación "buena" (compartida) contra la correlación total.

$$\mathbf{KMO} = \frac{\text{Varianza Compartida (Lo que queremos)}}{\text{Varianza Total (Compartida + Única)}} = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} p_{ij}^2} = \frac{\sum r_{i \neq j}^2 \text{ (Lo Bueno)}}{\sum r_{i \neq j}^2 \text{ (Lo Bueno)} + \sum p_{i \neq j}^2 \text{ (Lo Malo)}}$$

Componentes clave:

1. El Numerador: $\sum_{i \neq j} \boldsymbol{r_{ij}^2}$(La Varianza "Buena")

- r_{ij}**(Correlación Simple):** Es el coeficiente de correlación de Pearson (el valor normal que va de -1 a 1) entre la variable i y la variable j, mide qué tan fuerte se mueven juntas.

- r_{ij}^2**(Correlación al Cuadrado):** Se eleva al cuadrado por dos razones:

    a. Elimina los números negativos (una correlación de -0.8 es tan fuerte como una de +0.8).

    b. Magnifica las correlaciones fuertes y minimiza las débiles ($0.8^2 = 0.64$, mientras que $0.2^2 = 0.04$).

- $\sum_{i \neq j} r_{ij}^2$**(La Suma Total):** Esta suma representa toda la varianza compartida que existe en el conjunto de datos, es la "materia prima" que se necesita para agrupar variables, por lo cual un número alto en este punto es considerado muy adecuado.

2. El Denominador: $\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} p_{ij}^2$(La Varianza Total)

Esta parte suma la varianza "buena" más la varianza "mala" o "ruido".

- $\boldsymbol{p_{ij}}$**(Correlación Parcial):** Este es el concepto más importante, es la correlación (pura) entre la variable i y la variable j, después de haber eliminado estadísticamente la influencia de todas las demás variables del estudio.

- $\boldsymbol{p_{ij}^2}$**(La Varianza "Mala" o "Ruido"):** Para entender la definición se puede ejemplarizar, indicando que si las variables (V1, V2, V3) realmente pertenecen a un mismo componente (ej. "Rendimiento"), deberían estar todas correlacionadas entre sí. La correlación parcial p_{ij}(la relación entre V1 y V2, después de quitar el efecto de V3) debería ser **muy cercana a cero**.

- $\sum_{i \neq j} p_{ij}^2$**(La Suma del Ruido):** Si este número es grande, significa que las variables tienen muchas correlaciones "únicas" entre pares, que no son compartidas por el grupo, esto es malo para la agrupación.

- **Escenario Ideal (KMO ≈1):** Las correlaciones parciales (p_{ij}^2) son muy pequeñas, casi 0. La fórmula se convierte en $\frac{\text{Bueno}}{\text{Bueno}+0}$, lo que da 1, esto significa que **toda la varianza es compartida** y las variables son perfectas para agruparse.

- **Escenario Pésimo (KMO ≈0):** Las correlaciones parciales (p_{ij}^2) son muy grandes (casi tan grandes como las simples). La fórmula se convierte en $\frac{\text{Bueno}}{\text{Bueno}+\text{Mucho}}$, lo que resulta por la operación aritmética en un número pequeño, esto significa que las variables **no comparten una estructura común** y no deben agruparse.

3.2.2.13.3 Evaluar multicolineidad mediante VIF

Para cada indicador j, calcular VIF:

$$\text{VIF}_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

donde R_j^2 proviene de regredir x_j (análisis de regresión x_j)contra el resto de variables del conjunto considerado, el criterio de referencia es mantener VIF ≤ 5 (equivalente a tolerancia mayor o igual a 0.2) como guía práctica para evitar multicolineidad excesiva.

3.2.2.13.4 Estimar la confiabilidad del bloque Integración (α de Cronbach)

Calcular α de Cronbach para el **bloque Integración** (k = 4):

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum \sigma_{\text{item}}^2}{\sigma_{\text{total}}^2}\right)$$

Donde:

- k: Es el número de indicadores (ítems), en nuestro caso, $k = 4$
- $\frac{k}{k-1}$: Es un factor de corrección, con $k = 4$, este valor es $\frac{4}{3}$ (o 1.33).
- σ_i^2 (Varianza de un solo indicador): Mide qué tan dispersos están los datos de una de las variables o indicadores (ej. la varianza de "Satisfacción del equipo").

- $\sum_{i=1}^{k} \sigma_i^2$ (Suma de las Varianzas de los Indicadores): Calcula la varianza de cada uno de los 4 indicadores de integración por separado y luego sumas esas 4 varianzas.
- σ_T^2 (Varianza de la Suma Total): Para cada observación (equipo x sprint), se suma los puntajes de los 4 indicadores, luego, se calcula la varianza del "Puntaje Total de Integración".

Se va adoptar α ≥ 0.70 como umbral de aceptabilidad, en caso contrario o de no cumplirse, se debe considerar ajustes (revisión de indicadores) o dejar constancia metodológica antes de continuar.

3.2.2.13.5 Ejemplo demostrativo (SUPUESTO) — Resultados de control

- KMO (global, 6 variables) = 0.71 → adecuado (Por encima de 0.6, ≥ 0.8 excelente)
- Bartlett: $\chi^2 = 152.4$; p < 0.001 → adecuado (Menor a 0.05, la matriz no es identidad)
- VIF: Vel = 1.9; VCP = 2.0; Sat = 2.4; Ret = 2.2; Com = 2.1; Col = 2.3 → todos ≤ 5.
- α (Integración, k = 4) = 0.81 → aceptable (Mayor a 0.7)

Se busca confirmar en la matriz de correlaciones (KMO/Bartlett), ausencia de multicolineidad problemática (VIF) y confiabilidad satisfactoria en Integración (α).

3.2.2.14 Datos de Indicadores

En función de las fórmulas y esquemas de calculo que fueron diseñados y explicadas anteriormente para cada indicador se procede a sacar los datos recabados para cada indicador, así en forma general se puede decir:

- **Velocidad por puntos (%):**

$$x_{i,\text{Vel}} = \frac{\sum \text{Puntos Done}}{\sum \text{Puntos planificados}} \times 100$$

- **Velocidad por Capacidad en Puntos — VCP (%):**

$$x_{i,\text{VCP}} = \frac{\sum \text{Puntos Done}}{\text{Capacidad declarada en puntos}} \times 100$$

- **Indicadores de Integración (Likert 1–5 → %):** Los indicadores generales de Integración como son: Satisfacción, Retroalimentación, Comunicación y Colaboración, son parte de un proceso de interoperabilidad y trazabilidad mediante el cual se puede pasar a porcentaje, mediante el promedio aritmético ($\overline{L}$) en base a los valores recabados en likert de 1 a 5.

$$x_{i,j} = \frac{\overline{L}_{i,j} - 1}{4} \times 100 \quad \text{(recortar a } [0,100]\text{)}$$

Ejemplo demostrativo (SUPUESTO) Observación i = Equipo E01, Sprint 1, cierre

Se parte de los valores de Paso 0 (todos ya en 0–100):

- Velocidad = 85
- VCP = 90
- Satisfacción = 70
- Retroalimentación = 72
- Comunicación = 68
- Colaboración = 74

Para mostrar la trazabilidad Likert→%, derivar los promedios Likert (1–5) que producirían esos porcentajes (solo ilustrativo):

Directa (Likert → %):

$$x(\%) = \frac{\overline{L} - 1}{4} \; x \; 100$$

Inversa (% → Likert):

$$\overline{L} = \frac{x}{100} \cdot 4 + 1$$

- Satisfacción 70% → $\overline{L} = 3.80$

- Retroalimentación 72% → $\overline{L} = 3.88$
- Comunicación 68% → $\overline{L} = 3.72$
- Colaboración 74% → $\overline{L} = 3.96$
- La conversión 1–5→0–100 es lineal y se usa para interpretabilidad y comparabilidad, no altera la correlación entre indicadores ni la lógica de DP2.

3.2.2.15 Estandarización de Volatilidad (Término de Contribución)

Aunque no es un paso en el cálculo del índice sintético, la explicación de la teoría de la estandarización de valores de los indicadores generales que se usará en los siguientes pasos, es fundamental para esta investigación, en este contexto se puede indicar que el objetivo principal es **estandarizar la volatilidad** de todos los indicadores para que aporten en una escala comparable, aunque el cálculo es básico en cuanto a complejidad aritmética, se incrusta como paso debido a la posible confusión que se generaría el no uso de Z-scores para estimar la distancia desde la media aritmética, en función de que el modelo diseñado mide el **logro acumulado desde cero** (dónde $d_{ij} = x_{ij} - 0$), no es necesario calcular la distancia a la media (μ_j -Mu- La Media del Grupo). Por lo tanto, **no se utilizarán Z-scores** $z_{ij} = \frac{x-\mu}{\sigma}$, en su lugar, la estandarización se logra dividiendo el valor del indicador x_{ij}únicamente por su desviación estándar σ_j.

Término de Contribución = $\frac{\mathbf{x_{ij}}}{\boldsymbol{\sigma_j}}$

Donde:

1. $\boldsymbol{x_{ij}}$**:** Es el dato original que se desea evaluar, es el valor individual, el **valor observado** del **indicador** j para la **unidad** i(para nuestro caso, ya en 0–100), es el punto de partida.

2. **Estimar Desvío (**$\boldsymbol{\sigma_j}$ (Sigma) (El Tamaño del "Paso")**):** La letra griega "Sigma", representa la desviación estándar, indica que tan "dispersos" o "juntos" están los datos en ese grupo. Se debe estimar el desvío estándar (σ_j) para cada uno de los 6 indicadores en una muestra de calibración (ej. Sprints 1-3)

3. **Congelar Parámetros:** Este $\sigma_j$debe "congelarse" durante la ventana de vigencia del índice. Esto crea una "vara de medir" de volatilidad que es estable en el tiempo.

Notas Metodológicas:

1. A diferencia del Z-score, la media (μ_j Mu. La Media del Grupo: La letra griega "Mu", representa la media o el promedio de todo el grupo de referencia, es considerada la "muestra de calibración") no es relevante para este cálculo. Término de Contribución Estandarizado, el resultado de este paso no es un puntaje final, sino el término que se usa en el cálculo del DP2 en la siguiente sección.
2. En la fase de investigación, los parámetros del índice sintético (desviaciones estándar, pesos DP2, límites min – max, donde el máximo se establece en 120, siendo un valor mayor a este objeto de revisión del Sprint, así como los pesos de bloque) se estiman a partir de una muestra de referencia formada por 30 equipos Scrum y 124 combinaciones equipo por sprint. En la fase de aplicación, **un equipo Scrum individual no necesita disponer de los datos de los demás equipos,** basta con medir sus seis indicadores en una escala 0–100 y seguir con la metodología de trabajo del índice, que utiliza los parámetros calibrados en la tesis. De esta forma, el índice proporciona una medida de rendimiento e integración por sprint, comparada con el patrón de variabilidad **observado en el conjunto de equipos de referencia**. Alternativamente, una organización que desee un índice estrictamente interno podría recalibrar los parámetros utilizando sus propios datos históricos, con la limitación de perder comparabilidad externa, con lo antes mencionado se podría tener:
    a. Índice “normativo” o de referencia: se calibra con la muestra amplia (30 equipos), que se genera este estudio y se propone como estándar, es decir se puede ocupar para la implementación en otros equipos ($\sigma_{j\ (\mathrm{Sigma})}$)
    b. Índice “interno”: una organización podría recalibrar el modelo con su propio historial de sprints, siempre que disponga de un número suficiente de observaciones, se estima como mínimo 25 para que las estimaciones de desviación estándar, correlaciones y penalizaciones DP2 sean estables.

3.2.2.16 Calcular DP2 por bloque (Rendimiento e Integración).

Este es el paso central del modelo, donde se calculan los puntajes para el Componente de Rendimiento (SR_{DP2}) y el Componente de Integración (SI_{DP2}), debido a que el método DP2 se utiliza para crear una suma ponderada que **penaliza la información redundante** entre los indicadores de un mismo bloque, se requiere tres sub-pasos:

Paso 1. Establecer un orden dentro de **cada bloque**

El método DP2 es sensible al orden, la contribución de un indicador se ajusta en función de la información que ya han aportado los indicadores anteriores en la secuencia.

- **Acción:** Definir un orden fijo de indicadores $\pi(1), \dots, \pi(p)$para cada bloque (Rendimiento e Integración).
- **Justificación:** El primer indicador, $\pi(1)$, entra con todo su valor, mientras que los siguientes son penalizados por su redundancia con los anteriores, se puede establecer un orden lógico como seria por ejemplo basado en un PCA exploratorio heurístico o por la importancia teórica y congelarlo durante la ventana de calibración para asegurar la comparabilidad.

El DP2 es secuencial, por lo cual el orden importa, al elegir un orden $\pi(1), \dots, \pi(p)$para el bloque $B \in \{Rendimiento, Integración\}$que minimice redundancia (p. ej., empezar por el indicador más “representativo” y luego añadir el que tenga menor correlación con los ya incluidos o usar PCA exploratorio heurístico).

Donde:

- I: bloque (R = Rendimiento, I = Integración).
- $\pi(j)$: indicador que ocupa el lugar $j$en el orden del bloque.
- p: número de indicadores del bloque (2 en Rendimiento, 4 en Integración).

Paso 2. Estimar redundancia secuencial y penalización ω

Aquí se calcula el "peso de unicidad" (ω_j) para cada indicador, el cual determina qué porcentaje de su valor aportará al puntaje final, para medir cuánta información nueva aporta cada indicador, calculamos un R^2condicional y su penalización:

1. **Para el primer indicador o bloque $\pi(1)$:** Por definición, el primer indicador no tiene redundancia previa, su peso es 1: $R^2_{\pi(1)} = 0 \implies \omega_{\pi(1)} = 1$

2. **Para los indicadores siguientes ($j \geq 2$):** Se debe calcular su redundancia (R^2) "regresando" el indicador actual contra todos los indicadores que vinieron *antes* en la lista.

$$R^2_{\pi(j)} = R^2\left(\left(\frac{x_{\pi(j)}}{\sigma_{\pi(j)}}\right) \sim \left(\frac{x_{\pi(1)}}{\sigma_{\pi(1)}}\right), \dots, \left(\frac{x_{\pi(j-1)}}{\sigma_{\pi(j-1)}}\right)\right)$$

Donde:

- $R^2_{\pi(j)}$ Coeficiente de determinación al **regredir**, representa el porcentaje de "eco" o información redundante que este indicador comparte con los anteriores.
- $x_{\pi(j)}$: es el valor original del indicador $\pi(j)$
- $\sigma_{\pi(j)}$**:** Representa la desviación estándar
- Donde el término $\left(\frac{x}{\sigma}\right)$es la variable de contribución estandarizada (logro dividido por volatilidad) definida en el paso anterior."

Luego, se calcula el peso de unicidad (ω_j) como la raíz cuadrada de la información "nueva" (lo que no es redundante).

$$\omega_{\pi(j)} = \sqrt{1 - R^2_{\pi(j)}}$$

Donde:

- $\omega_{\pi(j)}$ penalización DP2 (si hay mucha redundancia, R^2sube y ω baja), es el factor (entre 0 y 1) que penaliza a la variable. Un $\omega = 0.60$ significa que el indicador solo contribuye con el 60% de su valor al puntaje total.

Para el primer indicador $\pi(1)$:

$$R^2_{\pi(1)} = 0 \;\Rightarrow\; \omega_{\pi(1)} = 1$$

Para cada indicador adicional $j \geq 2$:

$$R^2_{\pi(j)} = R^2\left(\left(\frac{x_{\pi(j)}}{\sigma_{\pi(j)}}\right) \sim \left(\frac{x_{\pi(1)}}{\sigma_{\pi(1)}}\right), \dots, \left(\frac{x_{\pi(j-1)}}{\sigma_{\pi(j-1)}}\right)\right) \qquad \omega_{\pi(j)} = \sqrt{1 - R^2_{\pi(j)}}$$

Para la variable que entra en la posición j del orden π, se calcula un R^2 regresando **esa variable escalada por su sigma** sobre **todas las variables anteriores, también escaladas por su sigma**. Ese R^2 se usa después para la penalización $\omega = \sqrt{1 - R^2}$

Paso 3. Obtener el puntaje DP2 del bloque

1. **Calcular el Término de Contribución Estandarizado:** En lugar de usar Z-scores (distancia a la media), se usa un término que mide el **logro desde cero (x_{ij})**, estandarizado por su volatilidad (σ_j), con lo cual se asegura que un mayor rendimiento siempre sume positivamente, la **distancia a la referencia** del indicador $j$para la unidad $i$es (referencia, peor = **0**):

$$d_{ij} = x_{ij} - 0 = x_{ij} = x_{i\pi(j)}$$

$$\text{Término}_j = \frac{x_{ij}}{\sigma_j} = \frac{x_{i\pi(j)}}{\sigma_j}$$

Donde:

- $x_{ij=}\, x_{i\pi(j)}$ (**Es únicamente nomenclatura** y se aclara para evitar confusiones)**,** Es el valor del indicador j (0-100) para la observación i.

- x_{ij}(El Valor): Esta es la forma simple. i = observación (Equipo 1), j= indicador (por ejemplo, Velocidad). x_{ij}es el valor (ej. 85).
- $x_{i\pi(j)}$ (El Valor en la Secuencia): Esta es la forma que se debe usar dentro de una fórmula secuencial (como una sumatoria $\sum$).
  - $\pi(j)$ no es un indicador, sino que apunta al indicador que está en la posición $j$del orden.
  - Si la orden es $\pi =$ (Velocidad, VCP):
    - Cuando $j = 1$, $\pi(j)$apunta a "Velocidad".
    - Cuando $j = 2$, $\pi(j)$apunta a "VCP".
  - Por lo tanto, $x_{i\pi(j)}$significa "el valor x de la observación i para el indicador que está en la posición j

- σ_j**:** Es la desviación estándar de calibración, usada aquí para normalizar la volatilidad.
  - σ_j (Notación Simple): Es la desviación estándar del indicador j. (Ej. $\sigma_{\text{Velocidad}} = 10$).
  - $\sigma_{\pi(j)}$ (Notación de Fórmula Secuencial): Es la desviación estándar del indicador que está en la posición j del orden.
  - Ejemplo: Si el orden es $\pi =$ (Velocidad, VCP):
    - Para $j = 1$: $\sigma_{\pi(1)}$es la desviación estándar del primer indicador de la lista, que es "Velocidad". Su valor es $\sigma_{\text{Velocidad}}$, es decir, 10.

- Para $j = 2$: $\sigma_{\pi(2)}$es la desviación estándar del segundo indicador de la lista, que es "VCP". Su valor es σ_{VCP}, es decir, 12.
- Se usa $\sigma_j$cuando se habla del indicador en general.
- Se usas $\sigma_{\pi(j)}$ cuando se usa la fórmula matemática formal $\sum_{j=1}^{p}$ para asegurar que se siga el orden πcorrecto.

2. **Calcular el Puntaje Bruto del Bloque ($S_i^{(B)}$):** El puntaje bruto es la suma ponderada del término de contribución de cada indicador.

$$S_i^{(B)} = \sum_{j=1}^{p} \omega_{\pi(j)} \cdot \left(\frac{d_{i\pi(j)}}{\sigma_{\pi j}}\right) = \sum_{j=1}^{p} \omega_{\pi(j)} \cdot \left(\frac{x_{ij}}{\sigma_{\pi j}}\right) = \sum_{j=1}^{p} \omega_{\pi(j)} \cdot \left(\frac{x_{i\pi(j)}}{\sigma_{\pi j}}\right)$$

Donde:

- Este puntaje S representa el "total" del bloque, ya ajustado por redundancia y volatilidad, el principal postulado es que dividir por σ pone todas las variables en la **misma unidad** (sin necesidad de normalizaciones extra) y ω **penaliza** la información duplicada.
- $x_{i,\pi(j)}$: valor del indicador (0–100, “más es mejor”).
- $\sigma_{\pi(j)}$: desvío estándar del indicador (estimado en calibración).
- $S_i^{(B)}$: score DP2 del bloque Bpara la unidad i.

3.2.2.17 Calcular DP2 Global (W^G)y derivar pesos de bloque (x,y)

El objetivo de este paso es definir objetivamente el peso (la importancia) que tiene cada componente (x para Rendimiento, y para Integración) en el Índice Sintético, este cálculo se basa en la contribución de información única que cada indicador aporta al sistema completo.

La idea del DP2 global **es usar las seis variables** (2 de Rendimiento y 4 de Integración) para estimar, de manera endógena y no arbitraria, qué bloque aporta más información no redundante al índice. DP2 hace esto incorporando el término $(1 - R^2)$como penalización (anti-doble-contabilización) y normalizando las distancias por σ, con lo que no requiere normalizaciones adicionales y queda adimensional (M. D. Serrano et al., 2011)

Paso 1. Fijar un orden global de las 6 variables

Definir un orden global para las seis variables que son los indicadores generales para minimizar la redundancia, $\pi_G(1), \dots, \pi_G(6)$. DP2 es sensible al orden porque R^2 se calcula en forma secuencial, para esta investigación se utilizó el siguiente orden global: Velocidad, VCP, Satisfacción, Retroalimentación, Comunicación y Colaboración.

Paso 2. Estimar redundancias secuenciales (R^2) y penalizaciones globales.

Para cada indicador en la posición j del orden π_G, se calcula R^2 regresando ese indicador contra todos los indicadores anteriores en el orden (usando todas las observaciones disponibles de calibración: n = 124 equipo por sprint).

- Para j = 1: $R^2_{\pi_G(1)} = 0 \Rightarrow \omega^{(G)}_{\pi_G(1)} = 1$;
- Para j $\geq$ 2: $R^2_{\pi_G(j)} = R^2\left(\left(\frac{x_{\pi_G(j)}}{\sigma_{\pi_G(j)}}\right) \sim \left(\frac{x_{\pi_G(1)}}{\sigma_{\pi_G(1)}}\right), \dots, \left(\frac{x_{\pi_G(j-1)}}{\sigma_{\pi_G(j-1)}}\right)\right) \Longrightarrow \omega^{(G)}_{\pi_G(j)} = \sqrt{1 - R^2_{\pi_G(j)}}$

Aquí, $\omega^{(G)}$mide **cuánta información nueva** aporta cada variable al añadirla en ese lugar del orden (si el R^2ya es alto, ωcae), siguiendo el esquema del DP2 de **penalizar la redundancia lineal** al agregar indicadores.

Paso 3. Calcular la Contribución Relativa ($c_j^{(G)}$) de cada Indicador

Para repartir el peso entre las seis variables de forma transparente y data-driven, se propone (criterio del proyecto) convertir cada $\omega_j^{(G)}$en una contribución relativa:

- La contribución relativa ($c_j^{(G)}$) se calcula dividiendo el peso de unicidad de un indicador entre la suma de todos los pesos de unicidad, esto con el fin de obtener ponderaciones interpretativas o que al sumar todo se llegue al resultado de 1.

$$c_j^{(G)} = \frac{\omega_j^{(G)}}{\sum_{k=1}^{6} \omega_k^{(G)}}$$

De esta manera el Resultado de $c_j^{(G)}$ es un valor (ej. 0.15) que representa el porcentaje de "información total única" que ese indicador aporta al índice, esto debido a que la suma de todos los $c_j^{(G)}$ debe ser 1 es decir $\sum_j c_j^{(G)} = 1$. Es importante destacar que cuanto más única es la información de una variable (mayor $\omega^{(G)}$), mayor su $c_j^{(G)}$, lo cual es coherente con la filosofía DP2 (ponderar por información no redundante) (M. D. Serrano et al., 2011).

3.2.2.18 Definir pesos x, y

Con ω estimados y congelados por cada ventana operativa, se calculan subíndices por bloque como promedios ponderados, para mantener la interpretabilidad directa en escala porcentual.

Suma por bloque:

$$S_R = \sum_{j \in R} c_j^{(G)}, \qquad S_I = \sum_{j \in I} c_j^{(G)}$$

Ponderaciones:

$$x = \frac{S_R}{S_R + S_I}, \qquad y = 1 - x$$

(Si $\sum_j c_j^{(G)} = 1$, entonces $x = S_R$ e $y = S_I$). Congelar x, y por ventana.

Ejemplo demostrativo (SUPUESTO)

Orden global SUPUESTO: $\pi_G = (\text{Vel,VCP,Sat,Ret,Com,Col})$ Redundancias globales SUPUESTAS (de calibración):

- $\omega_{\text{Vel}}^{(G)} = 1.000$
- $\omega_{\text{VCP}}^{(G)} = \sqrt{1 - 0.64} = 0.600$
- $\omega_{\text{Sat}}^{(G)} = \sqrt{1 - 0.30} = 0.837$
- $\omega_{\text{Ret}}^{(G)} = \sqrt{1 - 0.45} = 0.742$
- $\omega_{\text{Com}}^{(G)} = \sqrt{1 - 0.50} = 0.707$
- $\omega_{\text{Col}}^{(G)} = \sqrt{1 - 0.55} = 0.671$

Suma de penalizaciones:

$$\sum \omega^{(G)} \approx 1.000 + 0.600 + 0.837 + 0.742 + 0.707 + 0.671 = 4.556$$

Contribuciones por indicador $c_j^{(G)} = \omega_j^{(G)}/4.556$:

- Vel = $1.000/4.556 = 0.2196$
- VCP = $0.600/4.556 = 0.1317$
- Sat = $0.837/4.556 = 0.1838$
- Ret = $0.742/4.556 = 0.1629$
- Com = $0.707/4.556 = 0.1552$
- Col = $0.671/4.556 = 0.1470$

Suma por bloque:

$$S_R = 0.2196 + 0.1317 = 0.3513, \qquad S_I = 0.1838 + 0.1629 + 0.1552 + 0.1470 = 0.6487$$

Pesos de bloque:

$$x = \frac{0.3513}{0.3513 + 0.6487} = 0.3513, \qquad y = 1 - x = 0.6487$$

Nota: Los valores de $\omega^{(G)}$, $c^{(G)}$, S_R, S_I y, por tanto, x, y, deben estimarse en la muestra de calibración real y congelarse durante la ventana operativa.

3.2.2.19 Cálculo del índice

Utilizar la combinación lineal ponderada de los índices parciales con los pesos de bloque y congelados para la ventana operativa:

$$\mathsf{IS}(i) \;=\; x \cdot \mathsf{IR}_{DP2}(i) \;+\; y \cdot \mathsf{II}_{DP2}(i)$$

Donde:

- $IR_{DP2}(i)$ = índice de Rendimiento (0–100) por DP2.
- $II_{DP2}(i)$ = índice de Integración (0–100) por DP2.
- x, y = pesos de bloque derivados del DP2 Global (Paso 5), con $x + y = 1$.

Ejemplo demostrativo (SUPUESTO)

Se emplean los resultados de los pasos previos del ejemplo:

- $IR_{DP2}(i) = 86.67$ (Paso 4)
- $II_{DP2}(i) = 71.01$ (Paso 4)
- $x = 0.3513$, $y = 0.6487$ (Paso 5; $x + y = 1$)

Cálculo: $IS(i) \;=\; 0.3513 \cdot 86.67 \;+\; 0.6487 \cdot 71.01 \;=\; 76.52$

3.2.2.19.1 Interpretar cualitativamente el índice

Establecer bandas cualitativas

Adoptar la siguiente escala de interpretación:

- 0–32: Insuficiente
- 33–64: Muy por debajo de lo esperado
- 65–96: Por debajo de lo esperado
- 97–100: Dentro de lo esperado

- Mayor a 100: Por encima de los esperado

3.2.2.19.2 Ejemplo demostrativo (SUPUESTO)

Con $\mathrm{IS(i)} = 76.52$, la observación se clasifica en el tramo 65-96, por lo que corresponde la categoría: Por debajo de los esperado

3.2.2.20 Clasificación y tipificación de variables

Tabla 18. *Clasificación y tipificación de variables*

Indicador (variable observable)	*Constructo*	*Tipo metodológico*	*Escala original*	*Unidad final*	*Nivel de medición usado en análisis*	*Dirección*
Velocidad por puntos (%)	Rendimiento	Cuantitativo	Proporción puntos Done / comprometidos	% (0–100+)	Continuo	↑ mejor
VCP – Velocidad por Capacidad en Puntos (%)	Rendimiento	Cuantitativo	Proporción puntos Done/Capacidad	% (0–100+)	Continuo	↑ mejor
Satisfacción del Equipo	Integración en equipos Scrum	Cuantitativo	Likert 1–5 (5 ítems)	% (0–100)	Continuo (a efectos prácticos)	↑ mejor
Retroalimentación en el Sprint	Integración en equipos Scrum	Cuantitativo	Likert 1–5 (5 ítems)	% (0–100)	Continuo (a efectos prácticos)	↑ mejor
Efectividad en la Comunicación	Integración en equipos Scrum	Cuantitativo	Likert 1–5 (5 ítems)	% (0–100)	Continuo (a efectos prácticos)	↑ mejor
Métrica de Colaboración	Integración en equipos Scrum	Cuantitativo	Likert 1–5 (5 ítems)	% (0–100)	Continuo (a efectos prácticos)	↑ mejor

3.2.3 Desarrollo de los instrumentos de obtención de datos

Dentro del proceso de investigación y de acuerdo al marco teórico en la definición de métodos, técnicas e instrumentos para la obtención de datos con base en el diseño del índice

sintético, se necesita recabar información que sirva de base del cálculo del índice Sintético, un instrumento de obtención de datos es la herramienta específica y estandarizada que materializa la técnica de recolección de datos, garantizando la sistematicidad y comparabilidad de la información, para esta investigación, se han desarrollado dos tipos de instrumentos cuantitativos, cada uno diseñado para la naturaleza particular de los datos a recolectar.

La recolección de datos en esta investigación cuantitativa se realiza empleando dos aproximaciones distintas, una para los datos objetivos de rendimiento y otra para los datos subjetivos de percepción.

3.2.3.1 Indicadores de Rendimiento (Datos Objetivos)

- Método: El método es el análisis documental de registros del proyecto.
- Técnica: Se utiliza la recolección de datos secundarios, extrayendo la información de los registros de trabajo mantenidos por el equipo (Jira, entre otros).
- Instrumento: Para el constructo “Avance en Rendimiento”, el instrumento es un formulario tipo cuestionario para el registro de datos, esta herramienta contiene columnas predefinidas para registrar de forma sistemática los datos primarios de cada sprint analizado (ej. "puntos de historia completados" y "capacidad del equipo"), sin embargo hay que destacar que los datos iniciales son manejados por el equipo y se registra en tableros realizados en diferentes herramientas que van desde Excel hasta programas especializados de gestión de proyectos como herramientas tipo JIRA, sin embargo al estandarizar el registro, se asegura la consistencia en la recolección de los datos que, posteriormente, son procesados mediante fórmulas para calcular los indicadores de "Velocidad" y "Velocidad por Capacidad".

3.2.3.2 Indicadores de Percepción de Integración (Datos Subjetivos)

- Método: Se emplea la investigación por encuestas (Survey Research), un método diseñado para recolectar datos de una muestra con el fin de medir actitudes, percepciones y opiniones de manera estandarizada.
- Técnica: La técnica es el cuestionario auto administrado, donde los participantes responden a las preguntas de forma individual y sin la intervención directa del investigador.
- Instrumento: Para el constructo “Integración del Equipo de Desarrollo”, el instrumento consiste en cinco formularios de cuestionario estructurados, cada formulario mide una dimensión específica (ej. Integración del Equipo) a través de preguntas cerradas con una escala de valoración tipo Likert de 5 niveles, permitiendo la cuantificación de las percepciones de los miembros del equipo.

3.2.3.3 Instrumento para el Constructo "Avance en Rendimiento"

Dada la naturaleza objetiva de este constructo, el instrumento no busca medir una percepción, sino garantizar la estandarización y fiabilidad del proceso de extracción de datos secundarios.

Este instrumento está dividido en dos partes lógicas:

- Parte A - Registro de Capacidad Individual: Se completa durante la ceremonia de Sprint Planning.
- Parte B - Consolidado de Resultados del Sprint: Se completa al finalizar el Sprint, si el análisis es por Sprint, una vez que los puntos de historia han sido verificados o al final del Daily Scrum si se trata de una evaluación temporal, siendo este valor la suma de los puntos en estado “Terminado” o “Done” de cada integrante del equipo de trabajo.

3.2.3.3.1 Ficha de Registro de Datos del Sprint

El instrumento es una ficha de registro de datos tipo cuestionario, implementada preferiblemente en una hoja de cálculo, aunque pudiera ser implementada con herramientas digitales, este instrumento no es anónimo, ya que su función es vincular métricas objetivas a una unidad de análisis específica e identificable, el Sprint de un equipo determinado, en este contexto su diseño es simple pero funcional, y su valor metodológico radica en asegurar la replicabilidad y la reducción del error de medición.

- Estructura Parte A - Registro de Capacidad Individual: La ficha se estructura con columnas predefinidas para las variables clave a extraer de los registros del equipo por cada unidad de análisis (Sprint):

    1. Equipo (Identificación del equipo de trabajo)
    2. ID Sprint (Número del Sprint)
    3. Fecha (Fecha del Compromiso es opcional)
    4. Identificación del Integrante del equipo
    5. El Sprint Evaluado Finalizo
    6. Nombre del Integrante del equipo (Nombre del integrante del equipo de trabajo)
    7. Capacidad Declarada (Capacidad en puntos que estima el desarrollador va lograr para el Sprint)

Es importante recordar que los equipos que trabajan con Jira, este campo se puede añadir como un campo personalizado para tomar el dato de la herramienta directamente, obteniendo todos los datos antes mencionados.

- Estructura Parte B - Consolidado de Resultados del Sprint, parte de los puntos en estado Done que ejecuto cada integrante del equipo de trabajo.
    1. ID Sprint (Número del Sprint)
    2. Equipo (Identificación del equipo de trabajo)
    3. Identificación del Integrante del equipo
    4. El Sprint Evaluado Finalizo

5. Fecha (Fecha del Compromiso es opcional)
6. Puntos Completados (Total de puntos de historia o requerimientos que cumplen con la Definición de Terminado)

El dato de los puntos completados (Done), también se puede recabar la información de herramienta como Jira, es importante destacar que debido a la firma de los NDA se elimina los nombres de los integrantes de los equipos de trabajo del consolidado.

- Función Metodológica: Este instrumento obliga al investigador a seguir un protocolo idéntico para cada extracción, minimizando la discrecionalidad y los posibles errores de transcripción. Asegura que los datos primarios que alimentan las fórmulas de los indicadores de Velocidad y Velocidad por Capacidad sean consistentes y trazables hasta su fuente original.

3.2.3.4 Instrumento para el Constructo "Integración del Equipo de Desarrollo"

Para medir este constructo latente, se ha diseñado un instrumento principal que se clasifica como una escala sumativa tipo Likert, este tipo de instrumento es idóneo para la medición de actitudes, percepciones y valoraciones, permitiendo cuantificar una variable subjetiva a través de un conjunto de indicadores observables (los ítems).

3.2.3.4.1 Fundamentación y Diseño Metodológico

El diseño del instrumento se sustenta en los principios de validez y fiabilidad, cruciales para el rigor de la medición cuantitativa.

1. Validez de Contenido: El instrumento se compone de cuatro cuestionarios distintos, cada uno enfocado en una de los subdimensiones teóricos de Integración (Satisfacción, Retroalimentación, Colaboración y Comunicación), la selección de los ítems, que declaras como "previamente validados", busca asegurar que el conjunto de afirmaciones represente de manera exhaustiva y pertinente el dominio del constructo.

2. Fiabilidad: La consistencia interna del instrumento, es decir, el grado en que sus ítems miden el mismo constructo, es evaluada estadísticamente a posteriori mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, tal como se estableció en el plan de análisis. Un

resultado satisfactorio en esta prueba es condición necesaria para validar el uso de las puntuaciones sumadas de la escala.

3. Escala de Medición: Se emplea una escala ordinal de 5 puntos, aunque es una escala ordinal, en la práctica psicométrica y de las ciencias sociales se asume, con suficiente respaldo teórico, que las distancias entre los puntos son aproximadamente iguales, esto permite tratar los datos como si fueran de intervalo, posibilitando la aplicación de análisis paramétricos más robustos como el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el cálculo de medias.

3.2.3.4.2 Estructura y Protocolo de Aplicación

La estructura de los cuatro cuestionarios es homogénea para estandarizar la experiencia del participante y la recolección de datos:

- Sección de Metadatos: Un encabezado inicial para registrar variables de control y contextualización (Identificación del Sprint, Identificación del Equipo, Fecha, si ha finalizado el Sprint), lo que permite la correcta segmentación y trazabilidad de los datos.

- Instrucciones y Anclajes de Escala: Se presentan instrucciones claras y se definen explícitamente los anclajes de la escala Likert para minimizar la ambigüedad en la interpretación por parte del respondiente.

- Batería de Ítems: Un conjunto de 5 afirmaciones por cuestionario, formuladas de manera clara y unívoca, sobre las cuales el participante expresa su grado de acuerdo.

- Protocolo de Aplicación: Se ha previsto que la aplicación sea anónima, una estrategia metodológica clave para mitigar el sesgo de deseabilidad social y fomentar la honestidad en las respuestas. La recolección al final del Sprint (ej. en la Retrospectiva) es idónea para capturar una evaluación consolidada del ciclo de trabajo.

3.2.3.5 Formularios para el Componente de Integración de los equipos

Formularios que tienen como labor la recolección de la información en los integrantes del equipo de trabajo se lo puede realizar al final del Daily Scrum si se aplica el índice sintético en el transcurso del Sprint o en el Scrum Retrospective cuando se trata de determinar los datos del Sprint, su diseño incluye que los formularios sean anónimos para evitar sesgos en la información.

3.2.3.5.1 Formulario sobre la Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum

Instrucciones:
Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción "SI", si el Sprint que se va a evaluar terminó, en caso contrario marque en "NO", ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala:

☐ 1 = Totalmente en desacuerdo

☐ 2 = En desacuerdo

☐ 3 = Neutral

☐ 4 = De acuerdo

☐ 5 = Totalmente de acuerdo

Sprint : _____Finalizado: ☐ SI ☐ NO ; Equipo: _____ Fecha:_____

Efectividad de la comunicación del Equipo

1. Todos los miembros del equipo se comunican de manera efectiva durante las reuniones diarias (Daily Scrum).

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. El equipo colabora eficientemente durante las revisiones de sprint para mejorar el producto final.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

3. Los miembros del equipo se sienten escuchados y valorados en las reuniones de retrospectiva.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4. Existe un alto nivel de confianza y respeto entre los miembros del equipo Scrum.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

5. El equipo está alineado con los objetivos del proyecto y trabaja de manera conjunta para alcanzarlos.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

El formulario utilizado, implementado en formato digital mediante una encuesta, puede visualizarse en el siguiente enlace: https://logicform.io/v/68d5978ed8b2c7f68bd65e93, en el Anexo A se presenta una figura que lo ilustra.

3.2.3.5.2 Formulario sobre la Retroalimentación en el Sprint

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción “SI”, si el Sprint que se va a evaluar terminó, en caso contrario marque en “NO”, ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala:

☐ 1 = Totalmente en desacuerdo

☐ 2 = En desacuerdo

☐ 3 = Neutral

☐ 4 = De acuerdo

☐ 5 = Totalmente de acuerdo

Sprint : _____Finalizado: ☐ SI ☐ NO ; Equipo: _____ Fecha:_____

Retroalimentación en el Sprint

1. Durante este Sprint he recibido retroalimentación útil para mejorar mi trabajo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. Me sentí cómodo dando retroalimentación a otros miembros del equipo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

3. La retroalimentación que recibí fue constructiva.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4. Mi retroalimentación fue tomada en cuenta por el equipo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

5. El equipo demostró apertura para aplicar sugerencias.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

El formulario utilizado, implementado en formato digital mediante una encuesta, puede visualizarse en el siguiente enlace: https://logicform.io/v/68d5b5d8d8b2c7f68bd83a92, en el Anexo B se presenta una figura que lo ilustra.

3.2.3.5.3 Formulario de satisfacción del Equipo

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción “SI”, si el Sprint que se va a evaluar terminó, en caso contrario marque en “NO”, ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala:

☐ 1 = Totalmente en desacuerdo

☐ 2 = En desacuerdo

☐ 3 = Neutral

☐ 4 = De acuerdo

☐ 5 = Totalmente de acuerdo

Sprint : _____Finalizado: ☐ SI ☐ NO ; Equipo: _____ Fecha:_____

Satisfacción del Equipo

1. Estoy satisfecho con el avance del Sprint actual.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. La carga de trabajo de este Sprint ha sido sostenible.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

3. Las herramientas utilizadas en este Sprint facilitaron mi trabajo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4. Me siento valorado por mi equipo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

5. Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

El formulario utilizado, implementado en formato digital mediante una encuesta, puede visualizarse en el siguiente enlace: https://logicform.io/v/68d5b844d8b2c7f68bd867da, en el Anexo C se presenta una figura que lo ilustra.

3.2.3.5.4 Formulario sobre la Colaboración del Equipo en el Sprint

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción “SI”, si el Sprint que se va a evaluar terminó, en caso contrario marque en “NO”, ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala:

☐ 1 = Totalmente en desacuerdo

☐ 2 = En desacuerdo

☐ 3 = Neutral

☐ 4 = De acuerdo

☐ 5 = Totalmente de acuerdo

Sprint : _____Finalizado: ☐ SI ☐ NO ; Equipo: _____ Fecha:_____

Colaboración del Equipo en el Sprint

1. El equipo trabajó de forma conjunta para resolver problemas o tareas.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. Recibí apoyo de otros miembros del equipo para desbloquear tareas

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

3. Se compartieron conocimientos útiles para avanzar en el trabajo.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

4. Las decisiones sobre el trabajo se tomaron de manera participativa.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

5. Hubo disposición real de colaborar más allá de las tareas individuales.

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

El formulario utilizado, implementado en formato digital mediante una encuesta, puede visualizarse en el siguiente enlace: https://logicform.io/v/68d5baf4d8b2c7f68bd8a441, en el Anexo D se presenta una figura que lo ilustra.

3.2.3.6 Formulario para el Componente de Rendimiento.

El formulario como instrumento operativo para recabar la capacidad que cada integrante del equipo de trabajo se auto asigno, se lo debe generar en el Sprint Planning, y debe ser mantenido como registro vivo durante el Sprint, para luego consolidar en un registro de Capacidad de equipo, el cual como su nombre o indica solo es el registro de información recabada pero que da la capacidad del equipo por Sprint

3.2.3.6.1 Formulario de Capacidad Individual para Equipos Scrum

Instrucciones:

Por favor, ingrese los datos del número de Sprint o nombre según la convención que mantenga el equipo, marque en la casilla si el Sprint que se va evaluar termino, el numero o nombre del equipo si existen varios equipos y la fecha de la evaluación. Finalmente lea detenidamente las preguntas y responda claramente en base al sprint actual.

Sprint : _____Finalizado: ☐ SI ☐ NO ; Equipo: _____ Fecha:_____

Capacidad Individual

Capacidad individual en puntos que puede asumir en el Sprint: _____

Este Dato se puede parametrizar en herramientas como JIRA, debido a que muchos equipos trabajaron directamente sobre Jira, se tomó el dato del compromiso individual desde esa herramienta, para el resto de equipos se implementó mediante el siguiente formulario https://forms.gle/DjtvHnTyaF8t8Mrd8, en el Anexo E se puede ver la opción del formulario.

3.2.3.6.2 Formulario de Punto realizados

Instrucciones:

Por favor, ingrese los datos del número de Sprint o nombre según la convención que mantenga el equipo, marque en la casilla si el Sprint que se va a evaluar terminó, el número o nombre del equipo si existen varios equipos y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda claramente en base al sprint actual.

Sprint : _____Finalizado: ☐ SI ☐ NO ; Equipo: _____ Fecha:_____

Puntos Realizados

Puntos individuales que realizo en el Sprint (Done): _____

Este dato, se lo tiene disponible en el Scrum Retrospective y aunque se creó un formulario para poder recabar la información de cada integrante del equipo, se puede sacar también de las herramientas de gestión como JIRA, el URL es https://forms.gle/DGWyFT5vAYU3ZKNC8 y se lo puede observar en el Anexo E.

Los instrumentos de recolección de datos que se presentó con su respectivo diseño, son validados por especialistas en manejo de información, lo cual se levantó mediante la matriz de validación de datos que permite al especialista atar cada formulario a las variables dependientes, independientes, a la hipótesis, al problema, al objetivo general así como los específicos, generando ponderaciones en función de las preguntas y su relevancia a los conceptos antes mencionado y siendo evaluadas de manera favorable para la investigación, lo cual podemos observar en el **Anexo P "Validación de instrumentos de recolección de Datos".**

3.2.4 Determinación de la muestra y su criterio de selección.

En coherencia con la investigación tiene un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo correlacional, no se busca la generalización estadística, por esta razón, se emplea un muestreo no probabilístico de tipo intencional (también conocido como a conveniencia o por juicio o por criterio), este método consiste en seleccionar casos que son representativos de la población de interés, basándose en el juicio del investigador y en el cumplimiento de criterios específicos.

La población de interés son los equipos de desarrollo de software que utilizan Scrum en Quito, el reclutamiento se realizó a través de la red de contactos profesionales del investigador en el sector tecnológico de Quito, específicamente en desarrollo de software, en este contexto, se solicitó por casi todos los equipos de trabajo para garantizar la viabilidad y confianza del estudio, se establezca un acuerdo de confidencialidad (NDA) con cada organización participante, dicho acuerdo, en función del pedido generalizado asegura anonimizar de forma estricta los datos sensibles, incluyendo los nombres de las empresas, clientes, proyectos y las descripciones de las tareas, protegiendo así su propiedad intelectual, el esquema general del NDA se lo puede ver en el anexo G.

La selección final de los equipos se basa en el cumplimiento de los siguientes criterios de inclusión:

- Uso formal de Scrum: El equipo debe aplicar las ceremonias, roles y artefactos de Scrum de manera consistente.
- Disponibilidad de datos: El equipo debe mantener un registro sistemático de los puntos de historia y la capacidad por Sprint.

- Consentimiento de participación: El equipo debe estar dispuesto a participar en el estudio, incluyendo la respuesta a los cuestionarios de percepción.

Se ha establecido un tamaño muestral objetivo de 30 equipos. este tamaño se considera adecuado para capturar una variabilidad significativa en las dinámicas de rendimiento e integración, al tiempo que resulta factible dadas las limitaciones de acceso a equipos que cumplan con todos los criterios.

3.3 Trabajo de campo

Desarrollar el trabajo de campo con 30 equipos Scrum con diferentes Sprints por equipo, en función del proyecto que atravesaban, permitió verificar, en condiciones operativas reales, la aplicabilidad de los instrumentos definidos en el procedimiento metodológico. En una fase piloto inicial, ejecutada con dos equipos, los cuales fueron escogidos por conveniencia, ya que se podía establecer esquemas de trabajo debido a la cercanía con los responsable del departamento que controlaban los proyectos de esos equipos, se constató la pertinencia del Formulario de Capacidad Individual por Sprint (FCI-Sprint) y del Registro de Capacidad del Equipo (RCE-Sprint), así como de los cuestionarios Likert para indicadores de Integración, a partir de esta prueba, ajustar la redacción de dos ítems (claridad semántica y orden lógico), estandarizar la guía de estimación de puntos (catálogo de referencia por complejidad) y formalizar en el Sprint Planning la captura de capacidad y el corte de datos día N(para poder revisar el proyecto antes de la finalización) y cierre(fin del proyecto), con el fin de reducir variabilidad y reforzar la trazabilidad, es importante destacar que los datos de los pilotos no son considerados en este documento, ya que sirvió únicamente como muestra para validar los instrumentos y la organización.

La fase de trabajo de campo se ejecutó de manera sistemática en los 30 equipos de desarrollo seleccionados, inicialmente se tubo inconvenientes en mantener la idea del proyecto clara ya que los integrantes de la mayoría de equipos fueron renuentes a entregar información de los proyectos a pesar de tener NDA firmados así como existió un celo profesional sobre la cantidad de trabajo que se comprometían a realizar, lo cual fue solventado tras conversaciones con los equipos de trabajo para explicar la finalidad del trabajo y los posibles beneficios para el equipo y la organización, en se sentido, luego de superar estos inconvenientes, se estableció un

protocolo de recolección de datos sincronizado con la cadencia de los Sprints de cada equipo, es importante destacar que cada equipo tenía una dinámica diferente y se tuvo que participar en forma pasiva durante el primer Sprint en todos los equipos y en los dos equipos del piloto durante casi todos los Sprints, este plan incluía la calendarización precisa de los levantamientos y la emisión de recordatorios para solicitar los datos requeridos.

Inicialmente, el proceso reveló aspectos muy positivos que validaron la viabilidad del diseño, se observó, por ejemplo, una alta adherencia por parte de los equipos al registro de una capacidad considerada alta durante las ceremonias de Scrum Planning, así como una notable disponibilidad de los datos operativos en las herramientas de gestión de proyectos, como Jira, que fue usado en la mayoría de equipos, sin embargo, algunos lo hicieron con otras herramientas e incluso en Excel. Además, los cuestionarios diseñados para medir la integración fueron bien recibidos, evidenciado por un tiempo promedio de respuesta inferior a cuatro minutos, lo que confirma su agilidad y pertinencia.

No obstante, el proceso no estuvo exento de desafíos que requirieron la implementación de acciones correctivas, en primer lugar, se identificó una resistencia inicial por parte de algunos desarrolladores a declarar su capacidad, debido a la percepción de que podría ser utilizada como una métrica de evaluación individual, de igual manera, se detectaron inconsistencias en la estimación de esfuerzo para tareas del Sprint conocido como story points entre distintos equipos y, en algunos casos, faltantes de datos puntuales ocasionados por ausencias no planificadas o cambios de alcance a mitad del Sprint. Para abordar estas fricciones, se reforzó la política de anonimización en los reportes, visibilizando únicamente los datos agregados del equipo, así como la renuencia a entregar datos por ciertos Scrum masters, por lo cual se realizaron breves capacitaciones con los *Scrum Masters* para explicar el pedido, los beneficios que tendrían, el contexto del proyecto y estandarizar el registro oportuno de los formularios, lo cual finalizo con la implementación de reglas de calidad en la recolección para alertar sobre desviaciones significativas.

Una vez finalizada la recolección, se procedió a una rigurosa fase de consolidación y depuración de datos, con el fin de asegurar la integridad del conjunto de datos(dataSet), este proceso incluyó la verificación de la coherencia entre la capacidad declarada y los puntos comprometidos, la auditoría de posibles duplicidades y la alineación de los criterios de

"Terminado" (*Done*) con la definición vigente de cada equipo, se trató de llevar un estricto rigor para que todas las transformaciones aplicadas a los datos fueron debidamente documentadas, permitiendo construir una base de datos integrada y trazable, con una alta tasa de completitud y con los datos faltantes residuales gestionados bajo reglas metodológicas predefinidas.

Finalmente, con los datos ya depurados, se procesaron los indicadores para los constructos de Rendimiento e Integración bajo la escala estandarizada de 0 a 100, esta fase operativa no solo permitió obtener los insumos para el análisis estadístico, sino que también arrojó lecciones fundamentales, por ejemplo, se corroboró que la anonimización es una condición clave para sostener la participación y la honestidad en las respuestas, con lo cual se permitió validar la aplicabilidad de los instrumentos diseñados y, gracias a los controles de calidad implementados, se aseguró la obtención de una base de datos robusta y comparable, habilitando con plena confianza la siguiente fase de análisis para la validación del índice sintético.

Un punto final de gran importancia fue la comprobación del uso de DP2 para el cálculo del índice sintético en vez del uso de PCA categórico que inicialmente fue planteado, al procesar los datos se concluye que existe coherencia en la definición de una investigación cuantitativa.

3.3.1 Aplicación de los instrumentos.

Ejecutar la aplicación de instrumentos sobre los 30 equipos permitió establecer el flujo real de levantamiento con dos cortes por sprint (día N y cierre) y asegurar trazabilidad entre fuentes, en primer lugar, levantar la capacidad individual mediante el Formulario de Capacidad Individual por Sprint (FCI-Sprint) que en varios equipos se colocó en herramientas como Jira como un campo adicional y del Registro de Capacidad del Equipo (RCE-Sprint), para de esta forma, estimar la capacidad del equipo en puntos y vincularla con los ítems comprometidos, posteriormente, extraer datos operativos del trabajo en los equipos para registrar puntos comprometidos por el equipo de trabajo y puntos “Done” en ambos cortes, al día N que fue previamente definido y al final del Sprint, permitió el cálculo de Velocidad (puntos) y Velocidad por Capacidad (VCP, %).

Mediante el uso de los formularios previamente diseñados y que constan en la teoría del Índice sintético, se pudo recabar la información requerida para determinar los indicadores generales, dichos cuestionarios y su naturaleza de uso se lo puede esquematizar en la siguiente Tabla:

Tabla 19. *Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint*

INDICADOR	*URL*
Efectividad en la comunicación	https://logicform.io/v/68d5978ed8b2c7f68bd65e93
Retroalimentación	https://logicform.io/v/68d5b5d8d8b2c7f68bd83a92,
Satisfacción del Equipo	https://logicform.io/v/68d5b844d8b2c7f68bd867da
Colaboración del Equipo	https://logicform.io/v/68d5baf4d8b2c7f68bd8a441
Capacidad Individual	https://forms.gle/DjtvHnTyaF8t8Mrd8
Puntos Realizados	https://forms.gle/DGWyFT5vAYU3ZKNC8

En el archivo suplementario a esta investigación denominado, se expone los datos de la validación del modelo en 30 equipos, se adjunta en este modelo debido a que son alrededor de **28486 registros** de información bruta y procesada inicialmente para calcular los indicadores generales, en este sentido se puede observar en la primera hoja de cálculo "**Tabla de Sprints por Equipo**", los tiempos de inicio y de fin de cada Sprint por cada equipo, debido a que esta información incluye únicamente 124 registros se adjunta como **Anexo H: Tabla de Sprints por Equipo**, de forma similar en la hoja de cálculo "**Capacidad Individual**", se puede observar el registro de cada desarrollador o integrante del equipo con la capacidad declarada además de la autopercepción de cada desarrollador en función de sus habilidades dividido en tres categorías: Junior, SemiSenior y Senior, este valor es de suma importancia en los cálculos de los integradores de rendimiento. La hoja de cálculo "Capacidad Por Equipo" que también se puede encontrar en el **Anexo I: Capacidad de cada equipo por Sprint**, representa la capacidad acumulada de los equipos en función de la declaración individual de los integrantes del equipo.

Entre los hechos positivos de la aplicación, resaltar la alta adherencia al registro de capacidad en Planning, la consistencia del flujo (campos y rangos validados) y la aceptación de las encuestas luego de las charlas con el equipo para establecer la finalidad y las posibles ventajas frente a los Stakeholders del proyecto y por el contrario entre los hechos negativos, observar

variaciones en la práctica de estimación de puntos entre equipos, marcaciones tardías de “Done” respecto al corte día N y faltantes aislados por ausencias. Con lo antes mencionado, la consolidación deja datos coherentes, listos para calcular el índice Sintético y en orden de lo previamente establecido continuar con la validación estadística de los datos.

3.3.2 Procesamiento de la información.

El procesamiento de la información comenzó con la consolidación y estructuración de la totalidad de los datos recopilados durante el trabajo de campo con la aplicación de los instrumentos, en los 30 equipos participantes, así se construyó una matriz de datos centralizada, donde cada fila representa una unidad de análisis única en el Sprint de un equipo específico, por lo cual, esta estructura garantizó la trazabilidad completa, vinculando las fechas de inicio, la duración en días de cada Sprint y los datos de rendimiento y percepción correspondientes, dicha base de datos inicial, sirvió como el repositorio primario para todas las fases subsecuentes de depuración y transformación, albergando la rica variabilidad de los ciclos de trabajo observados.

El primer paso se centró en las variables objetivas del constructo “Avance en Rendimiento”, para cada Sprint registrado, se auditaron las declaraciones de capacidad individual de los desarrolladores, las cuales fueron agregadas para calcular la capacidad total consolidada del equipo, de forma paralela, se verificaron los registros de puntos de historia que cumplieron con la "Definición de Terminado" al cierre de cada ciclo, lo cual se puede observar en el “**ArchivoSuplementario.xlsx**” en la hoja de cálculo “Estado Día N” para revisar los cálculos en un momento del Sprint para un determinado punto y posteriormente podemos revisar el cálculo de la velocidad en la hoja de cálculo **“Velocidad”,** donde se encuentra el cálculo de **Velocidad al Día N, Velocidad al cierre, IAP al Dia N así como el IAP al cierre** para cada equipo en cada Sprint.

En el cálculo del indicador General Velocidad por puntos, para un día N y al cierre se efectúa en función de la teoría creada, recordando que se tiene determinada la fecha de la evaluación del día N para cada equipo en la hoja de cálculo “Tabla de Sprints por Equipo”, pero la información levantada en referencia a los puntos en estado done o hechos están en la hoja de cálculo “Estado Día N” y se genera en función de los estados y ponderaciones de la Tabla 6 de esta investigación "Estados y ponderaciones en elementos de trabajo pendiente de un Sprint”, lo

cual nos permite calcular la Velocidad al Día N, así como la velocidad de Cierre y nos permitió en su debido momento revisar el Índice de Avance proporcional (IAP), el cual como se ha mencionado, esta fuera del esquema del índice sintético pero permitió entender el estado de cada Sprint en el indicador general evaluado en ese tiempo y resulto ser de gran ayuda para el equipo Scrum. Finalmente, en este mismo contexto y en la misma hoja se puede visualizar el cálculo de la Velocidad por Capacidad de Puntos (VCP), algo curioso fue el resultado del IAP de Cierre que coincide con la Velocidad de Cierre y esto se debe a que IAP día N % = $\left(\frac{Velocidad\ día\ N}{\left(\frac{N}{D}\times 100\right)}\right)\times 100$ pero en el cierre N que es el día en el cual se hace la revisión es igual a D (Duración del Sprint en días).

En forma paralela se solicitó llenar los formularios con escalas Likert 1–5 para los cuatro indicadores de Integración (**Métrica de colaboración, Efectividad en la comunicación, Retroalimentación en el Sprint, Satisfacción del equipo**), conservando el nivel ítem para análisis de confiabilidad y, a la vez, agregando los resultados a escala 0–100 para su uso directo en el modelo, estos datos se puede observar en la hoja de cálculo "**Encuesta Indicador Integración**" del archivo suplementario donde se encuentra el valor recolectado de la escala Likert en los formularios correspondientes por Equipo, Sprint e integrante del equipo de forma anónima, en la hoja de cálculo "**Integración Equipo Sprint**", se puede observar los datos agrupados por Equipo, Sprint, Indicador y numero de respuestas (p según nuestra formula) que nos permite ya obtener el valor porcentual del indicador para finalmente en la hoja de cálculo "**Integración Equipo Sprint**" tenemos el resumen de los indicadores de Integración por Equipo por Sprint en forma porcentual, la cual debido a su importancia y a que tiene únicamente 124 registros se coloca en el anexo J Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint. En este mismo contexto tenemos los datos para el cálculo del indicador en un determinado día del Sprint que lo hemos denominado Dia N, esto se puede observar en las hojas de cálculo "**Encuesta Integración Dia N**", "**Integración Equipo Sprint Dia N**" y "**Integra Equip Sprint Indic DiaN**".

En función de poder generar cálculos de forma automática se agrupa los resultados de los indicadores generales en la hoja de cálculo del archivo suplementario denominadas "**Indicadores_0_100**" y "**Indicadores_0_100_Cierre**", la cual no consta de los descriptivos de

los títulos del encabezado, lo cual que permite ingresar a la hoja de cálculo como input en los programas de Python y al software SPSS.

El procesamiento estadístico y cálculo de indicadores se realizó utilizando el lenguaje de programación **Python (v3.13.1)** con las librerías pandas, numpy y scipy y con el objetivo de garantizar la integridad y precisión de los resultados, se efectuó un procedimiento de validación cruzada, mediante el software **IBM SPSS Statistics 25**, con el cual se confirmó la convergencia de los resultados entre ambas plataformas con un margen de error despreciable (menor a 0.001), esta información se la puede observar en el **anexo K**, "Código Python para la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N", **anexo L** "Reporte de Validación SPSS la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO / Bartlett, VIF, α) al Dia N", **anexo M** "Código Python para la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N" y el **anexo N** "Reporte de Validación SPSS la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Cierre", donde se puede revisar a detalle tanto el código Python usado como la validación con el software de IMB SPSS Statistics 25, lo cual nos permitió generar las pruebas de adecuación muestral y confiabilidad para el día N así como el día de cierre, que se resumen a continuación en la siguientes tablas.

Dia N

Tabla 20.

Matriz de Correlaciones al día N (Control_Calidad_DP2_DiaN)

	Velocidad Dia N %	*VCP Dia N %*	*TS %*	*FB %*	*COM %*	*COL %*
Velocidad Dia N %	1.000000	0.909916	0.152972	0.067852	0.037430	0.178547
VCP Dia N %	0.909916	1.000000	0.133628	0.056195	0.039912	0.161774
TS_%	0.152972	0.133628	1.000000	0.691872	0.638177	0.679705
FB_%	0.067852	0.056195	0.691872	1.000000	0.633365	0.651951
COM_%	0.037430	0.039912	0.638177	0.633365	1.000000	0.650567
COL_%	0.178547	0.161774	0.679705	0.651951	0.650567	1.000000

Nota: Observaciones y Variables corresponden, respectivamente, al número de casos (equipo × sprint) y al número de indicadores analizados. El valor de KMO_global = 0,726

indica una adecuación muestral aceptable (criterio: KMO ≥ 0,60). La prueba de esfericidad de Bartlett (χ^2 = 475,64; gl = 15; p < 0,001) confirma que la matriz de correlaciones difiere

Tabla 21.

Medidas de control de calidad de los indicadores Generales al día N

Métrica	*Valor*
Observaciones	124
Variables	6
KMO global	0,726167619
Bartlett chi²	475,6388385
Bartlett df (gl)	15
det(R)	0,019098231
p-valor	0,0000001
Alpha Cronbach Integración	0,884724786

Nota: N_observaciones y N_variables corresponden, respectivamente, al número de casos (equipo × sprint) y al número de indicadores analizados. El valor de KMO_global = 0,726 indica una adecuación muestral aceptable (criterio: KMO ≥ 0,60). La prueba de esfericidad de Bartlett (χ^2 = 475,64; gl = 15; p < 0,001) confirma que la matriz de correlaciones difiere significativamente de la identidad y que existen correlaciones aprovechables entre los indicadores. El det(R) = 0,019 muestra que la matriz de correlaciones no es singular. Finalmente, el coeficiente Alpha_Cronbach_Integracion = 0,885 evidencia una alta consistencia interna del bloque de indicadores de integración.

Tabla 22.

Indicadores de multicolinealidad (VIF y Tolerancia) de los seis indicadores Generales del modelo al día N

Indicador	*R^2*	*VIF*	*Tolerancia*
Velocidad Dia N %	0,830	5,891668605	0,169731203
VCP Dia N %	0,828	5,820029354	0,171820439
TS	0,596	2,477915156	0,403565069
FB	0,570	2,324815355	0,430141687
COM	0,531	2,133963029	0,46861168
COL	0,579	2,374805437	0,421087128

Nota: VIF (Variance Inflation Factor) y Tolerancia se calcularon para evaluar la multicolinealidad entre los seis indicadores del modelo al día N. El criterio adoptado en la investigación considera aceptable VIF ≤ 5 (Tolerancia ≥ 0,20). Los valores observados para TS, FB, COM y COL se encuentran claramente dentro de este rango, mientras que Velocidad Dia N % (VIF ≈ 5,89) y VCP Dia N % (VIF ≈ 5,82) presentan una multicolinealidad moderadamente elevada, coherente con la fuerte relación conceptual y empírica entre ambas métricas de rendimiento. Dado que estas dos variables son centrales para el análisis de rendimiento, se decidió mantenerlas en el modelo por su relevancia teórica, dejando constancia de esta redundancia parcial.

Tabla 23.

Desviación estándar (σ) de los seis indicadores del modelo al día N

Indicador	*Sigma*
Velocidad Dia N %	6,688412487
VCP Dia N %	7,706237108
TS	7,914110247
FB	7,443766754
COM	7,424870913
COL	7,797738925

Nota: La columna Sigma (σ) recoge la desviación estándar de cada indicador al día N, calculada sobre las 124 observaciones (equipo × sprint). Estos valores se utilizan como parámetros de calibración de volatilidad en el método DP2, ya que todas las variables se escalan mediante la razón x_{ij}/σ_j tanto para el cálculo de los coeficientes de penalización por redundancia como para la obtención de los puntajes de bloque de Rendimiento e Integración. De este modo, las diferencias entre indicadores quedan expresadas en unidades comparables de variabilidad, y los pesos derivados de DP2 reflejan no solo la importancia conceptual de cada indicador, sino también su comportamiento estadístico en la muestra analizada.

Al Cierre

Tabla 24.

Medidas de control de calidad de los indicadores Generales del modelo al Cierre (Control Calidad DP2 al cierre)

Métrica	*Valor*
N observaciones	124
N variables	6
KMO global	0,759512965665851
Bartlett chi^2	554,758030809731
Bartlett df	15
det(R)	0,00988663251795525
Alpha Cronbach Integración	0,926610018932099

Nota: **N observaciones** y **N variables** corresponden, respectivamente, al número de casos (equipo × sprint) y al número de indicadores analizados al cierre del Sprint. El valor de **KMO_global = 0,760** indica una **adecuación muestral aceptable–buena** (criterio: KMO ≥ 0,60, ideal ≥ 0,80), la prueba de esfericidad de **Bartlett** ($\chi^2 = 554,76$; gl = 15; $p < 0,001$) confirma que la matriz de correlaciones difiere significativamente de la identidad y que existen correlaciones aprovechables entre los indicadores, el **det(R) = 0,0099** muestra que la matriz de correlaciones es no singular, aunque presenta una estructura de correlaciones marcada y finalmente, el coeficiente **Alpha_Cronbach_Integracion = 0,927** evidencia una **consistencia interna muy alta** del bloque de indicadores de integración al cierre, incluso superior a la observada al día N, lo que respalda su uso en la construcción del índice sintético.

Tabla 25.

Indicadores de multicolinealidad (VIF y Tolerancia) de los seis indicadores Generales del modelo al Cierre

Indicador	*VIF*	*Tolerancia*
Velocidad Cierre %	4,511722	0,221645
VCP Cierre %	4,500313	0,222207
TS	3,169087	0,315548
FB	3,144004	0,318066
COM	3,048748	0,328004
COL	3,595592	0,278118

Tabla 26.

Indicadores de multicolinealidad (VIF y Tolerancia) de los seis indicadores Generales del modelo al Día N.

Indicador	*VIF*	*Tolerancia*
Velocidad Dia N %	5,891668605	0,169731203
VCP Dia N %	5,820029354	0,171820439
TS	2,477915156	0,403565069
FB	2,324815355	0,430141687
COM	2,133963029	0,46861168
COL	2,374805437	0,421087128

Nota: **VIF** (Variance Inflation Factor) y **Tolerancia** se calcularon para evaluar la multicolinealidad entre los seis indicadores del modelo al cierre del Sprint. El criterio adoptado considera aceptable **VIF ≤ 5** (Tolerancia ≥ 0,20). En todos los casos, los valores de VIF se sitúan por debajo de este umbral (entre ≈ 3,05 y ≈ 4,51) y las tolerancias se mantienen por encima de 0,22, por lo que **no se detecta multicolinealidad severa**. Los mayores VIF corresponden a los indicadores de rendimiento (**Velocidad Cierre_%** y **VCP Cierre_%**), lo cual es coherente con su proximidad conceptual, sin embargo, sus valores permanecen dentro del rango aceptable definido para la investigación. Esto respalda el uso conjunto de los seis indicadores en la aplicación del método DP2 y en la construcción del índice sintético.

*E*n lugar de emplear los VIF derivados de un único modelo de regresión (que dependen de la elección de una variable dependiente), se optó por calcular VIF globales por indicador a partir de la matriz de correlaciones completa. Esto permite tratar simétricamente a los seis indicadores del modelo de índice sintético. Los valores reportados en la Tabla Y se corresponden con la diagonal de la matriz inversa de correlaciones (R^{-1})obtenida en SPSS, y se verificaron adicionalmente mediante scripts en Python.

Los valores de **VIF** (Variance Inflation Factor) y **Tolerancia** se calcularon a partir de la **matriz de correlaciones completa** de los seis indicadores, con el fin de tratar a todas las variables de forma simétrica en el contexto del índice sintético, en términos matriciales, para cada indicador j, el VIF se corresponde con el elemento diagonal $(R^{-1})_{jj}$de la matriz inversa de correlaciones R^{-1}, generada mediante el procedimiento de análisis factorial en IBM SPSS

Statistics (tabla “Inversión de matriz de correlaciones”). La Tolerancia se obtuvo como el inverso de este valor ($\text{Tolerancia}_j = 1/\text{VIF}_j$), esta definición difiere de la utilizada en los modelos de regresión lineal clásicos (donde los VIF se calculan solo entre predictores y dependen de una variable dependiente fija), pero resulta más adecuada para este estudio, ya que ninguno de los seis indicadores ocupa un papel privilegiado, de esta manera todos contribuyen de forma conjunta al modelo de índice sintético, finalmente es importante indicar en este punto, que los valores presentados fueron la verificación de los scripts en Python, lo cual nos permite asegurar su consistencia numérica

El siguiente paso es realizar la estimación de la desviación estándar de cada elemento (σ_j), lo cual se realizó mediante un programa en Python, en el cual en su primera parte realiza el cálculo para posteriormente realizar los cálculos del índice sintético, este programa se lo puede revisar en el Anexo K para el Dia N y el Anexo L y la validación del cálculo de la desviación estándar se realizó con SPSS Statistics 25 como se observa en la captura del resultado en la figura que se presenta a continuación:

Figura 2.

Cálculo de la desviación estándar para el Día N

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Velocidad_DiaN_%	124	44,80000000	69,29133858	57,03982639	6,688412487
VCP_DiaN_%	124	39,43661972	70,41095890	54,39001984	7,706237108
TS_%	124	43,33333333	78,33333333	61,78494624	7,914110247
FB_%	124	43,33333333	78,75000000	61,73319892	7,443766754
COM_%	124	45,00000000	80,00000000	62,18548387	7,424870913
COL_%	124	45,00000000	80,00000000	61,69892473	7,797738925
N válido (por lista)	124				

Nota. Cálculos basados en las 124 observaciones

Figura 3.

Cálculo de la desviación estándar para el Cierre

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Velocidad_Cierre_%	124	75,30864198	114,4385027	94,07378842	11,15145900
VCP_Cierre_%	124	67,14975845	117,1232877	89,50520339	11,34746370
TS_%	124	52,50	83,33	69,1983	7,12494
FB_%	124	53,33	83,33	69,5783	7,00859
COM_%	124	55,00	86,00	69,5894	6,89665
COL_%	124	52,50	85,00	69,1910	7,45069
N válido (por lista)	124				

Nota. Cálculos basados en las 124 observaciones

Los datos de desviación que se calculó y que se congela para que sirva de base para la investigación, así como para cálculos del índice sintético en otros proyectos a un día N y al cierre se puede visualizar en el archivo suplementario en la hoja de cálculo "Control_Calidad_DP2_DiaN "y "Control_Calidad_DP2_Cierre" así como en las siguientes tablas:

Tabla 27. *Desviación estándar (σ) de los seis indicadores del modelo al día Cierre*

Indicador	*Sigma*
Velocidad Cierre %	11,15146
VCP Cierre %	11,34746
Satisfacción	7,124935
Retroalimentación	7,00859
Comunicación	6,896648
Colaboración	7,450691

Nota: La columna Sigma (σ) muestra la desviación estándar de cada indicador al cierre del Sprint, calculada sobre las 124 observaciones (equipo × sprint). Estos valores se utilizan como parámetros de calibración de volatilidad en el método DP2, ya que todas las variables se escalan mediante la razón x_{ij}/σ_jtanto para el cálculo de las penalizaciones por redundancia como para la obtención de los puntajes de bloque de Rendimiento e Integración. Se observa que los indicadores de rendimiento (Velocidad Cierre % y VCP Cierre %) presentan una variabilidad mayor que los de integración, lo cual es coherente

con la naturaleza más fluctuante del desempeño operativo de los sprints frente a las percepciones de integración del equipo.

Tabla 28.

Cálculo de la desviación estándar (Sigma) para el día N

Indicador	*Sigma*
Velocidad Dia N %	6,688412
VCP Dia N %	7,706237
Satisfacción	7,91411
Retroalimentación	7,443767
Comunicación	7,424871
Colaboración	7,797739

Nota: **σ (Sigma)** = desviación estándar del indicador al día N, cálculos con las 124 observaciones, es la "unidad de medida" que usamos en DP2 para escalar todas las variables: $d_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sigma_j}$

El bloque o constructo R de rendimiento tiene dos variables que pertenecen a los dos indicadores generales que son: Velocidad por Puntos o simplemente Velocidad y Velocidad por capacidad de puntos o VCP y en base a nuestra teoría definimos un orden de indicadores para este bloque con la Velocidad como primera variable ($\pi(1)$), con lo cual para esta variable $R^2_{\pi(1)} = 0 \implies \omega_{\pi(1)} = 1$ y consecuentemente para π(2) = VCP, se debe realizar los cálculos para VCP de la siguiente manera:

$$R^2_{\pi(j)} = R^2\left(\left(\frac{x_{\pi(j)}}{\sigma_{\pi(j)}}\right) \sim \left(\frac{x_{\pi(1)}}{\sigma_{\pi(1)}}\right), \dots, \left(\frac{x_{\pi(j-1)}}{\sigma_{\pi(j-1)}}\right)\right) \qquad \omega_{\pi(j)} = \sqrt{1 - R^2_{\pi(j)}}$$

Reemplazando valores para el coeficiente de determinación R^2:

$$R^2_{\pi(2)} = R^2\left(\frac{\text{VCP}}{\sigma_{\pi(j)}} \sim \frac{\text{Velocidad}}{\sigma_{\text{Vel}}}\right)$$

Nota: *Léase como "La Velocidad escalada por capacidad de puntos se regresa sobre la Velocidad escalada.*

El cálculo generado en el Scrip de Python que se puede ver en el Anexo K y comprobado mediante SPSS como se observa en la siguiente figura nos permite calcular los pesos (ΩR (VCP) = $\omega_{R(VCP)}$) de la siguiente manera para el día N y para el día de Cierre:

Figura 4.

Cálculo del coeficiente de determinación en SPSS para el día N

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,910[a]	,828	,827	,41649

a. Predictores: (Constante), Velocidad_sc

$R^2 \approx 0{,}828$ para la regresión:

La fórmula de DP2 para la penalización de la variable que entra de segunda (VCP) para el día N o el peso es: $\Omega_R(\text{VCP}) = \sqrt{1 - R^2}$ Sustituimos: $R^2 \approx 0{,}828$ entonces $1 - 0{,}828 = 0{,}172$ por lo cual $\sqrt{0{,}172} \approx 0{,}414792877$

Figura 5.

Cálculo del coeficiente de determinación en SPSS para el día de cierre

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,881[a]	,777	,775	,47413

a. Predictores: (Constante), Velocidad_sc

$R^2 \approx 0{,}777$ para la regresión:

La fórmula de DP2 para la penalización de la variable que entra de segunda (VCP) para el cierre o el peso es: $\Omega_R(\text{VCP}) = \sqrt{1 - R^2}$ Sustituimos: $R^2 \approx 0{,}777$ entonces $1 - 0{,}777 = 0{,}223$ por lo cual $\sqrt{0{,}223} \approx 0{,}472228\ldots$

Los coeficientes de determinación del bloque de Integración (Comunicación, Colaboración, Satisfacción y Retroalimentación) se los puede revisar en la siguiente tabla para el día N, así como para el día de cierre, en función de los datos de las 124 observaciones en cada caso respectivamente:

Tabla 29.

Valores del Cálculo del coeficiente de determinación para el bloque de integración para el día de cierre

Orden π(j)	*Indicador(j)*	R^2
1	Satisfacción	0,0000
2	Retroalimentación	0,5647
3	Comunicación	0,6326
4	Colaboración	0,7199

Tabla 30.

Valores del Cálculo del coeficiente de determinación para el bloque de integración para el día N

Orden π(j)	*Indicador(j)*	R^2
1	Satisfacción	0.0000
2	Retroalimentación	0.4787
3	Comunicación	0.4779
4	Colaboración	0.5684

Con este mismo esquema se procede con el cálculo del bloque de Integración, tanto para el día N como para el día de cierre, los resultados del peso del bloque que lo llamamos Omega (*w*) se los puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 31.

Cálculo del Peso del Bloque de Rendimiento para el día N

Indicador	*Peso (w)*
Velocidad Dia N %	1
VCP Dia N %	0,414792877

Tabla 32.

Cálculo del Peso del Bloque de Integración para el día N

Indicador	*Peso (w)*
Satisfacción	1
Retroalimentación	0,722020252
Comunicación	0,722594557
Colaboración	0,656982272

Tabla 33.

Cálculo del Peso del Bloque de Rendimiento para el cierre

Indicador	*Peso (w)*
Velocidad Cierre %	1
VCP Cierre %	0,472200279296647

Tabla 34.

Cálculo del Peso del Bloque de Integración para el cierre

Indicador	*Peso (w)*
Satisfacción	1
Retroalimentación	0,659765508
Comunicación	0,606129275
Colaboración	0,529222764

El siguiente paso es calcular DP2 Globales y derivar pesos de bloque para lo cual se estableció el orden cálculo de las variables **a priori** por criterio teórico y se mantuvo fijo por ventana, así debido a que rendimiento es el primer Bloque se inició por el indicador de **Velocidad**, luego **VCP, porque** VCP es una "normalización por capacidad" de la ejecución y está muy ligada a velocidad y, por tanto, es esperable que sea parcialmente redundante. En el **Bloque Integración,** Se escogió el indicador de Satisfacción ya que actúa como un indicador más "global" de clima/satisfacción, luego Retroalimentación, Comunicación y Colaboración ya que estos indicadores suelen depender o correlacionar con el clima laboral. Además del criterio laboral se hizo un **análisis de sensibilidad**, probando 3 órdenes razonables en función del esquema teórico y se verifico que el ranking/interpretación no cambia de forma dramática.

Con los valores de Sigma antes calculados (Tabla 28: Cálculo de la desviación estándar (Sigma) para el día N así como la Tabla 29: Desviación estándar (σ) de los seis indicadores del modelo al día Cierre) y validados con SPSS para el día N y para el cierre, se **crearon variables escaladas de cada indicador** en cada observación (Equipo por cada Sprint), con el objetivo de tener unidades comparables según su volatilidad, ya que al ser divididas para la desviación

estándar, se reduce su influencia si varía mucho o se amplifica si es pequeña, para finalmente calcular el coeficientes de determinación, con el mismo proceso cuando se calculó para las variables dentro de cada Bloque.

Tabla 35.

Coeficiente de Determinación Global al día N

Regresión (dependiente ~ independientes)	*R esperado*	*R² esperado*
VCP_DiaN_sc ~ Vel_DiaN_sc	0,909915858	0,827946869
TS_sc ~ Vel_DiaN_sc + VCP_DiaN_sc	0,153558854	0,023580322
FB_sc ~ Vel_DiaN_sc + VCP_DiaN_sc + TS_sc	0,69295041	0,480180271
COM_sc ~ Vel_DiaN_sc + VCP_DiaN_sc + TS_sc + FB_sc	0,693281337	0,480639012
COL_sc ~ Vel_DiaN_sc + VCP_DiaN_sc + TS_sc + FB_sc + COM_sc	0,760863242	0,5789128725

Tabla 36.

Coeficiente de Determinación Global para el Cierre

Regresión (dependiente ~ independientes)	*R*	*R cuadrado (R².)*
VCP_sc ~ Vel_sc	0,88149	0,7770269
TS_sc ~ Vel_sc + VCP_sc	0,01139	0,00012966
FB_sc ~ Vel_sc + VCP_sc + TS_sc	0,7517	0,5650553
COM_sc ~ Vel_sc + VCP_sc + TS_sc + FB_sc	0,79587	0,6334032
COL_sc ~ Vel_sc + VCP_sc + TS_sc + FB_sc + COM_sc	0,84964	0,7218817

En función de la fórmula para el cálculo del peso (omega) $\omega_{\pi_G(j)}^{(G)} = \sqrt{1 - R_{\pi_G(j)}^2}$ se puede establecer:

Tabla 37.

Calculo Global del peso (w - omega) para cada indicador al Cierre.

Indicador	*Omega_G*	*Fórmula del peso*	*c_Global*
Velocidad	1	1 / 4,264480388	0,23449516
VCP	0,472200279	0,472200279 / 4,264480388	0,11072868

Satisfacción (TS)	0,999935168	0,999935168 / 4,264480388	0,23447996
Retroalimentación (FB)	0,659503355	0,659503355 / 4,264480388	0,15465034
Comunicación (COM)	0,605472375	0,605472375 / 4,264480388	0,14198034
Colaboración (COL)	0,527369211	0,527369211 / 4,264480388	0,12366553

Nota. 4,264480388 es la suma de los pesos de cada variable en la columna Omega_G

Tabla 38.

Calculo Global del peso (w - omega) para cada indicador al Día N.

Indicador	Omega_G	c_Global = Omega_G / 4,493496938
Velocidad	1,0000000000	0,2225438258
VCP	0,4147928772	0,0923095938
Satisfacción (TS)	0,9881395035	0,2199043456
Retroalimentación (FB)	0,7209852489	0,1604508157
Comunicación (COM)	0,7206670435	0,1603800010
Colaboración (COL)	0,6489122649	0,1444114181

Nota. 4,4934969380 es la suma de los pesos de cada variable en la columna Omega_G

Los pesos se obtienen sumando las contribuciones de cada bloque, por ejemplo, para el cierre tenemos:

- Bloque R (Rendimiento): Velocidad + VCP

$$x = c_{\text{Velocidad}} + c_{\text{VCP}} = 0{,}234495157 + 0{,}110728679 \approx 0{,}34522$$

- Bloque I (Integración): TS + FB + COM + COL

$$y = 0{,}234479955 + 0{,}154650343 + 0{,}14198034 + 0{,}123665526 \approx 0{,}65478$$

Y se cumple $x + y = 1$.

Tabla 39.

Pesos por Bloque para el Día N

Pesos de bloque (x, y)	*Valor*
X Rendimiento	0,31485342

Y Integración	0,68514658

Tabla 40.

Pesos por Bloque para el Cierre

Pesos de bloque (x, y)	*Valor*
X Rendimiento	0,345223836
Y Integración	0,654776164

Finalmente, mediante la formula $\mathrm{IS(i)} = \mathrm{x} \cdot \mathrm{IR_{DP2}(i)} + \mathrm{y} \cdot \mathrm{II_{DP2}(i)}$ previamente definida y con los datos ya calculados de los pesos de X y Y, así como $\mathrm{IR_{DP2}(i)}$ y $\mathrm{II_{DP2}(i)}$, podemos calcular los índices sintéticos en cada Sprint para cada equipo, en el archivo "ArchivoSuplementario.xlsx", en la hoja de cálculo "IS_Criterio_Cierre" para el cierre y "IS_Criterio_DiaN" para el día N, podemos visualizar información resumen de los esquemas para cada Equipo en cada Sprint para visualizar el día escogido dentro del Sprint para ejecutar el procedimiento antes del cierre, los cálculos de Velocidad, VCP, la velocidad restructurada en caso de tener valores de rendimiento mayor al 120%, los resultados de los índices generales de Satisfacción, Satisfacción, Comunicación, Colaboración, los DP2 de Integración y rendimiento tanto para el Cierre como al día N y finalmente los Datos del Índice Sintético, el nivel y la transformación a la descripción previamente establecida, el resumen de esa hoja de cálculo lo podemos ver en la siguiente tabla:

Tabla 41.

Índice Sintético de los equipos por Sprint

Equipo	*Sprint*	*Duración Días*	*DP2 Rendimiento Cierre*	*DP2 Integración Cierre*	*Valor Índice Sintético*	*Nivel Índice Sintético*	*Índice*
T01	1	28	84,3892015	60,1531122	68,5199879	3	Por debajo de lo esperado
T01	2	22	102,222906	55,8149017	71,836051	3	Por debajo de lo esperado
T01	3	15	100,562529	77,9405249	85,7501798	3	Por debajo de lo esperado
T02	1	21	95,6013394	58,7897052	71,4979588	3	Por debajo de lo esperado
T02	2	22	98,2303714	67,0853269	77,8373386	3	Por debajo de lo esperado
T02	3	28	94,0466698	65,6096514	75,426788	3	Por debajo de lo esperado
T02	4	15	79,8539745	65,1216076	70,2075718	3	Por debajo de lo esperado
T02	5	28	106,732107	73,824004	85,1846654	3	Por debajo de lo esperado
T03	1	15	105,651945	58,9257913	75,0567732	3	Por debajo de lo esperado
T03	2	28	98,9805276	71,2018394	80,7917047	3	Por debajo de lo esperado
T03	3	30	77,9236012	62,0287726	67,5160463	3	Por debajo de lo esperado
T03	4	15	88,7600444	61,0243109	70,5993472	3	Por debajo de lo esperado

Equipo	*Sprint*	*Duración Días*	*DP2 Rendimiento Cierre*	*DP2 Integración Cierre*	*Valor Índice Sintético*	*Nivel Índice Sintético*	*Índice*
T03	5	21	92,2460282	64,5402046	74,1049153	3	Por debajo de lo esperado
T04	1	28	99,0143915	78,1854845	85,3761197	3	Por debajo de lo esperado
T04	2	15	80,4386941	62,5174537	68,704293	3	Por debajo de lo esperado
T04	3	28	105,335624	70,9960174	82,8508682	3	Por debajo de lo esperado
T04	4	15	86,5407887	71,9889195	77,0125716	3	Por debajo de lo esperado
T05	1	28	84,2783076	75,1690954	78,3138126	3	Por debajo de lo esperado
T05	2	30	83,4261549	63,6260762	70,4615353	3	Por debajo de lo esperado
T05	3	22	87,4469865	78,562195	81,6294368	3	Por debajo de lo esperado
T05	4	22	96,4008863	70,1378697	79,204489	3	Por debajo de lo esperado
T05	5	15	87,0702414	61,3974172	70,2602881	3	Por debajo de lo esperado
T06	1	15	77,6896908	65,6217225	69,7878728	3	Por debajo de lo esperado
T06	2	30	80,782839	73,8179987	76,2224276	3	Por debajo de lo esperado
T06	3	21	94,6472842	78,8430848	84,2990711	3	Por debajo de lo esperado
T06	4	28	109,968025	76,543681	88,0825612	3	Por debajo de lo esperado
T07	1	22	82,355182	67,6017392	72,6949793	3	Por debajo de lo esperado
T07	2	21	96,1667024	68,2589031	77,8933406	3	Por debajo de lo esperado
T07	3	21	81,789249	72,8664307	75,9468002	3	Por debajo de lo esperado
T07	4	21	72,8029663	60,9237945	65,0247678	3	Por debajo de lo esperado
T08	1	22	108,070115	68,573012	82,2083535	3	Por debajo de lo esperado
T08	2	15	88,6622743	72,6522816	78,1793127	3	Por debajo de lo esperado
T08	3	30	103,592571	64,8266617	78,2095778	3	Por debajo de lo esperado
T08	4	15	79,2213768	68,1751837	71,9885929	3	Por debajo de lo esperado
T08	5	21	92,9724301	73,3254601	80,1080624	3	Por debajo de lo esperado
T09	1	22	107,071555	64,4409112	79,1580256	3	Por debajo de lo esperado
T09	2	30	85,9458306	74,4306434	78,4059605	3	Por debajo de lo esperado
T09	3	22	94,2307718	64,9782935	75,0769463	3	Por debajo de lo esperado
T10	1	21	80,6264522	75,2079795	77,0785655	3	Por debajo de lo esperado
T10	2	30	89,7563382	69,8127837	76,6977741	3	Por debajo de lo esperado
T10	3	22	80,1479326	64,320578	69,7845581	3	Por debajo de lo esperado
T10	4	15	78,5276074	75,6535357	76,6457337	3	Por debajo de lo esperado
T10	5	21	93,1971891	65,1533854	74,8347749	3	Por debajo de lo esperado
T11	1	15	95,7129925	76,1351186	82,8938674	3	Por debajo de lo esperado
T11	2	21	85,510884	70,9869834	76,0009801	3	Por debajo de lo esperado
T11	3	30	87,2572716	78,4592507	81,4965372	3	Por debajo de lo esperado
T11	4	28	98,2779463	78,8089825	85,5301329	3	Por debajo de lo esperado
T11	5	21	102,170266	68,0922167	79,8567715	3	Por debajo de lo esperado
T12	1	21	91,5076498	62,8321017	72,7315844	3	Por debajo de lo esperado
T12	2	22	105,662421	61,5250303	76,7623097	3	Por debajo de lo esperado
T12	3	22	105,951184	65,0987079	79,2019565	3	Por debajo de lo esperado
T12	4	30	86,1169216	64,0337045	71,6573574	3	Por debajo de lo esperado

Equipo	*Sprint*	*Duración Días*	*DP2 Rendimiento Cierre*	*DP2 Integración Cierre*	*Valor Índice Sintético*	*Nivel Índice Sintético*	*Índice*
T13	1	22	91,1043567	74,4336896	80,1888012	3	Por debajo de lo esperado
T13	2	30	108,517799	63,8825303	79,2916889	3	Por debajo de lo esperado
T13	3	28	75,8798425	64,5841217	68,4836738	3	Por debajo de lo esperado
T13	4	28	88,7631025	70,3052286	76,6773266	3	Por debajo de lo esperado
T14	1	22	107,354542	61,0072076	77,0074123	3	Por debajo de lo esperado
T14	2	15	84,3641192	59,8466146	68,3106416	3	Por debajo de lo esperado
T14	3	30	100,952853	80,681237	87,679482	3	Por debajo de lo esperado
T14	4	30	80,8922738	76,4150331	77,9606833	3	Por debajo de lo esperado
T14	5	30	114,93	77,0937426	90,1557204	3	Por debajo de lo esperado
T15	1	21	94,8872759	80,050048	85,1722127	3	Por debajo de lo esperado
T15	2	30	104,575195	65,5115642	78,9972607	3	Por debajo de lo esperado
T15	3	21	87,4609743	74,5372482	78,9988265	3	Por debajo de lo esperado
T15	4	21	96,6456994	59,6743716	72,4377552	3	Por debajo de lo esperado
T16	1	30	88,9519272	63,8084038	72,4885474	3	Por debajo de lo esperado
T16	2	15	72,8830014	65,3452178	67,9474404	3	Por debajo de lo esperado
T16	3	28	110,344252	78,9173756	89,7666825	3	Por debajo de lo esperado
T16	4	22	81,2969264	77,9368957	79,0968584	3	Por debajo de lo esperado
T16	5	21	102,276986	79,8639097	87,6014379	3	Por debajo de lo esperado
T17	1	30	80,4837084	66,3414004	71,2236622	3	Por debajo de lo esperado
T17	2	22	107,179086	63,1048607	78,320334	3	Por debajo de lo esperado
T17	3	15	100,259748	59,6713554	73,6834359	3	Por debajo de lo esperado
T18	1	21	85,7274576	69,6653022	75,2103411	3	Por debajo de lo esperado
T18	2	30	99,1818529	78,039297	85,3382112	3	Por debajo de lo esperado
T18	3	28	80,9833675	75,8937536	77,6508096	3	Por debajo de lo esperado
T18	4	28	94,1793884	71,6360258	79,4185319	3	Por debajo de lo esperado
T19	1	15	102,430342	74,0178197	83,8264995	3	Por debajo de lo esperado
T19	2	28	96,0925761	72,1107359	80,3898388	3	Por debajo de lo esperado
T19	3	28	81,7877922	59,1863634	66,9889153	3	Por debajo de lo esperado
T19	4	22	84,2166801	72,3946231	76,4758789	3	Por debajo de lo esperado
T19	5	30	103,521475	77,0587993	86,1943457	3	Por debajo de lo esperado
T20	1	15	74,6401899	66,5629516	69,3514068	3	Por debajo de lo esperado
T20	2	21	73,6580944	64,7222051	67,8070871	3	Por debajo de lo esperado
T20	3	22	110,511603	70,3147395	84,1916549	3	Por debajo de lo esperado
T20	4	28	91,1177844	60,8618304	71,3069069	3	Por debajo de lo esperado
T20	5	28	112,488851	76,6280196	89,0080334	3	Por debajo de lo esperado
T21	1	15	85,5801324	71,4822856	76,3491984	3	Por debajo de lo esperado
T21	2	21	85,5141368	76,5160632	79,6224127	3	Por debajo de lo esperado
T21	3	30	94,0391115	71,188015	79,0767582	3	Por debajo de lo esperado
T21	4	30	91,4052543	75,2725912	80,841971	3	Por debajo de lo esperado
T22	1	30	97,1131546	80,9310364	86,5174893	3	Por debajo de lo esperado

Equipo	*Sprint*	*Duración Días*	*DP2 Rendimiento Cierre*	*DP2 Integración Cierre*	*Valor Índice Sintético*	*Nivel Índice Sintético*	*Índice*
T22	2	30	110,271448	80,019856	90,4634266	3	Por debajo de lo esperado
T22	3	15	107,679187	63,6820013	78,8708786	3	Por debajo de lo esperado
T22	4	28	74,7481461	68,6705761	70,7686981	3	Por debajo de lo esperado
T23	1	22	111,376455	68,9696947	83,6095193	3	Por debajo de lo esperado
T23	2	28	84,4486492	66,4558331	72,6673821	3	Por debajo de lo esperado
T23	3	28	93,082781	62,8437099	73,282958	3	Por debajo de lo esperado
T24	1	15	87,0190933	64,3031408	72,1452291	3	Por debajo de lo esperado
T24	2	30	75,7134815	74,8261879	75,1325028	3	Por debajo de lo esperado
T24	3	21	100,364964	65,7125912	77,6754161	3	Por debajo de lo esperado
T25	1	28	114,731266	70,4706487	85,7504687	3	Por debajo de lo esperado
T25	2	22	83,4986093	77,6468371	79,6670084	3	Por debajo de lo esperado
T25	3	30	97,016049	75,3869854	82,8538537	3	Por debajo de lo esperado
T25	4	22	105,72339	64,1345972	78,4920398	3	Por debajo de lo esperado
T26	1	30	90,4366116	72,201471	78,4966762	3	Por debajo de lo esperado
T26	2	30	103,831207	56,7242315	72,9866823	3	Por debajo de lo esperado
T26	3	15	107,965945	65,0102655	79,8395902	3	Por debajo de lo esperado
T26	4	22	81,6962387	78,9509852	79,8987121	3	Por debajo de lo esperado
T26	5	22	78,9735967	63,4424683	68,804184	3	Por debajo de lo esperado
T27	1	15	86,1486542	64,6419031	72,0665462	3	Por debajo de lo esperado
T27	2	30	100,249735	57,8081702	72,46001	3	Por debajo de lo esperado
T27	3	15	86,6338266	65,9767537	73,1080676	3	Por debajo de lo esperado
T27	4	15	109,374128	63,1186568	79,0871479	3	Por debajo de lo esperado
T28	1	15	79,2732526	73,0363257	75,1894615	3	Por debajo de lo esperado
T28	2	28	84,8956258	76,6899462	79,5227424	3	Por debajo de lo esperado
T28	3	15	99,1433156	63,3004208	75,6742424	3	Por debajo de lo esperado
T28	4	21	90,0499745	76,6123539	81,2513408	3	Por debajo de lo esperado
T29	1	21	88,9645172	70,8149347	77,0806032	3	Por debajo de lo esperado
T29	2	30	111,468244	65,6800453	81,4872229	3	Por debajo de lo esperado
T29	3	28	82,3276653	78,4039615	79,7585176	3	Por debajo de lo esperado
T30	1	28	91,1398949	65,9884619	74,6713361	3	Por debajo de lo esperado
T30	2	28	77,0675484	72,6678061	74,186702	3	Por debajo de lo esperado
T30	3	22	94,5386034	74,2086216	81,227016	3	Por debajo de lo esperado

3.4 Análisis de los resultados en los datos obtenidos.

El análisis de resultados constituye la fase en la que se **presentan e interpretan** los hallazgos derivados del procesamiento de datos, con el objetivo de identificar **tendencias,**

regularidades y patrones relevantes para la investigación, procurando una exposición **ordenada y comprensible** mediante tablas, gráficos y síntesis interpretativa (Sampieri, 2014), en esta investigación el análisis de los resultados se basa en las 124 observaciones, correspondientes a 30 equipos y sus respectivos Sprints los cuales buscan: validar la robustez del modelo DP2 propuesto y examinar las regularidades de rendimiento e integración en los equipos de desarrollo.

El análisis de cada **Equipo por Sprint**, se lo realiza al cierre del Sprint y en un día antes del cierre, denominado día N, es importante notar que, si el día escogido es muy cercano al inicio del Sprint, el valor del índice sintético puede tener un margen de error:

- **Día N**: Corte intermedio del Sprint para estimar desempeño y estado de integración durante la ejecución.
- **Cierre**: Medición final del Sprint, considerada el punto de mayor relevancia analítica por reflejar el resultado consolidado.

En cada observación se consolidan **seis indicadores primarios (0–100, "más es mejor")**:

- **Rendimiento**: Velocidad por puntos (%), Velocidad por capacidad de puntos VCP (%).
- **Integración**: Satisfacción (%), Retroalimentación (%), Comunicación (%), Colaboración (%).

A partir de estos seis indicadores se aplica el procedimiento DP2:

- Validación de supuestos (control de calidad) y luego estandarización por volatilidad (Opción A: x/σ)
- Cálculo de penalizaciones por redundancia (ω)
- DP2 por bloque (R e I), DP2 global y determinación de pesos de bloque (x,y), el uso de ω como penalización ligada a redundancia se apoya en el marco de DP2, donde el coeficiente de corrección se formula en términos de R^2.

3.4.1 Análisis Preliminar y Control de Calidad de Datos

Previo a la aplicación del método DP2 (Distancia a Puntos Particulares), era necesario realizar pruebas estadísticas que confirmaran la adecuación muestral, la confiabilidad de los constructos y la ausencia de multicolinealidad severa, parámetros que garantizan la validez de los pesos calculados para asegurar la estructura de correlaciones, debido a que se realizó dos mediciones al cierre y al día N, se procede a realizar un análisis por cada esquema mencionado.

Tabla 42.

Pruebas de Adecuación Muestral y Consistencia de Constructos

Métrica	*Día N*	*Cierre del Sprint*	*Criterio de Aceptación*
Observaciones (N)	124	124	-
KMO Global	0,726	0,76	KMO 0,60
Bartlett X^2	475,64	554,76	$p < 0,05$
Significancia *p*	< 0,001	< 0,001	$p < 0,05$
α de Cronbach (Integración)	0,885	0,927	$\alpha \geq 0,70$
Determinante R	0,019	0,009	> 0 (idealmente > 10^{-4})

KMO: Inicialmente en el análisis, aunque no necesariamente en ese orden se revisó que las variables formen grupos coherentes y compactos mediante el índice de Kaiser Meyer Olkin KMO, con un KMO de 0,726167619 al día N y de 0,759512966 al cierre, se considera que se ubica en un rango adecuado, al estar sobre el 0,6 como límite inferior universalmente aceptado para este índice, lo cual indica una adecuación muestral **meritoria** y confirma que las correlaciones observadas son lo suficientemente fuertes para un análisis de estructura latente, en otras palabras **las variables se agrupan "bien"**

Prueba de Esfericidad de Bartlett: La prueba de Bartlett contrasta la hipótesis nula de que Res una matriz identidad (es decir, sin correlaciones útiles), en los resultados del análisis resultó ser altamente significativa en ambos momentos con un valor de p menor a 0,001, así para el día N tiene se tiene $\chi^2 = 475{,}638838, df = 15,\ p \approx 7{,}98 \times 10^{-92}$(extremadamente menor a 0,05 valor mínimo para ser aceptado) y para el cierre un valor de , $\chi^2 = 554{,}7580308,\ df = 15, p \approx 1{,}43 \times 10^{-108}$ y al día N de , lo que rechaza la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad, es decir confirma que existe una correlación sustancial

entre las variables, haciéndolas estadísticamente adecuadas para la construcción del índice y que **no se debe reducir variables**

Alpha de Cronbach: Es la medida de Confiabilidad o consistencia interna, es decir si las variables que se agrupan miden el mismo concepto o se si se mueven al unisonó, en este contexto la consistencia interna del bloque de Integración (TS = Satisfacción, FB = Retroalimentación, COM = Comunicación, COL = Colaboración) arrojó valores excelentes de 0,885 para el Día N y 0,927 para el Cierre, valores que están por encima del criterio mínimo aceptable de 0.70, lo cual asegura la alta fiabilidad de los instrumentos tipo Likert utilizados.

Análisis de Colinealidad (VIF y Tolerancia): Este análisis permite establecer que las variables no este altamente correlacionadas, en otras palabras, para permitir detectar redundancia de tal manera que no exista variables que midan el mismo factor o fenómeno o una combinación lineal casi perfecta de otros, lo cual distorsionaría el cálculo de los pesos, es importante destacar que, en el contexto de un índice sintético, los Valores del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) y su inversa (Tolerancia) se calcularon a partir de la matriz de correlaciones completa R, equivalente a la diagonal de R^{-1}, y no a partir de un modelo de regresión con una variable dependiente fija, se evoca este procedimiento para asegurar un tratamiento simétrico y holístico de todos los indicadores. En el caso del análisis al día N, se calculó un determinante pequeño (det(R)=0,019098231) es consistente con una matriz con correlaciones relevantes (lo cual es esperable en indicadores de rendimiento e integración que comparten dinámicas del Sprint), pero sin evidencia de singularidad matemática y para el caso del Cierre el Determinante de R es 0,009886633 menor que el Día N pero consistente con correlaciones más fuertes al cierre.

- **Resultados al Día N**: Para el análisis en el día N, los indicadores Velocidad y VCP mostraron valores de VIF de 5,89 aproximadamente y aunque este valor es ligeramente superior al umbral conservador de 5, se encuentra cómodamente por debajo del umbral de severidad establecido en la literatura de 10, con lo mencionado y analizando desde la base teórica la naturaleza altamente correlacionada de las métricas de Rendimiento(dado que ambos se construyen desde resultados del Sprint puntos logrados y su dinámica tiende a ser convergente), este nivel de colinealidad se consideró **aceptable** lo cual implica

que existe **colinealidad moderada** entre los dos indicadores de rendimiento (Velocidad y VCP), esto no invalida el modelo, pero sí justifica la necesidad de un método con **penalización por redundancia**, que precisamente es uno de los propósitos operativos del DP2 (ω disminuye cuando R^2explica redundancia).

- **Resultados al Cierre del Sprint**: La inspección de los VIF no mostró evidencia de multicolinealidad severa, con todos los valores manteniéndose dentro del criterio estricto VIF menor a 5, así encontramos: Velocidad Cierre %: 4,5117 - VCP Cierre %: 4,5003 - TS: 3,1691 -FB: 3,1440 - COM: 3,0487 - COL: 3,5956. El resultado del análisis de VIF, muestra **aún mayor coherencia estructural** (KMO sube) y **mayor consistencia interna** del bloque de integración (α sube), los VIF de rendimiento se reducen por debajo de 5, sugiriendo un mejor escenario de colinealidad que en el Día N, lo cual es razonable porque el cierre consolida la información y reduce ruido de estimación intermedia.

Tabla 43.

Análisis de Multicolinealidad VIF en indicadores generales

Indicador	*Dia N*	*Cierre*
Velocidad	5,8917	4,5117
VCP	5,82	4,5003
TS	2,4779	3,1691
FB	2,3248	3,144
COM	2,134	3,0487
COL	2,3748	3,5956

3.4.2 Cálculo de Pesos y redundancia por Bloque y Global (DP2)

- **Penalización en Rendimiento:** El indicador **VCP** (Velocidad por Capacidad) para el cierre fue penalizado de forma significativa debido a que el 77,7% de su varianza (R^2=0,7770) es redundante respecto al indicador **Velocidad**. Su factor ω_{VCP} = 0,4722 (Tabla 33) es la penalización más fuerte de todo el modelo, lo cual justifica el uso del DP2 para reducir la sobre ponderación de variables altamente correlacionadas. Para el día N se puede observar un esquema similar, aunque con valore algo diferentes ω_{VCP} = 0,4147 (Tabla 31)

- **Aporte de Integración:** Los indicadores de Integración (FB, COM, COL) para el Cierre, se penalizaron de forma moderada (FB: ω=0,6595⇒$R2$≈56,5%; COM: ω=0,6055⇒$R2$≈63,3%; COL: ω=0,5274⇒$R2$≈72,2%), en el cálculo **global**, **TS** prácticamente **no se penaliza**: $\omega_{\mathrm{TS}} = 0{,}999935 \Rightarrow R^2 \approx 0{,}013\%$, con lo cual se puede indicar que TS aporta información casi "nueva" respecto a lo ya incorporado en el orden. En un esquema similar al Día N, **TS Día N** se penaliza muy poco: $\omega = 0{,}9883 \Rightarrow R^2 \approx 2{,}32\%$. (FB: $\omega = 0{,}6540 \Rightarrow R^2 \approx 57{,}2\%$; COM: $\omega = 0{,}6002 \Rightarrow R^2 \approx 64{,}0\%$; COL: $\omega = 0{,}5817 \Rightarrow R^2 \approx 66{,}2\%$)

Estas penalizaciones **dependen del orden** π de entrada de variables (propio de DP2), de esta manera si el orden cambia, cambian R^2, ω y por tanto c.

3.4.3 Análisis del Índice Sintético

El modelo asigna un peso significativamente mayor al **Bloque de Integración (en el cierre 65,47% vs. 34.52% de Rendimiento y al día N 68,51% vs. 31.48% de Rendimiento)**, lo cual respalda la tesis central de la investigación, que en el contexto de equipos Scrum, los factores subjetivos y relacionales (Integración) son más determinantes en el resultado final que las métricas puramente objetivas de velocidad, esto lo podemos visualizar en la Figura 6 Histograma del Índice Sintético, donde se presenta la distribución de frecuencias del Índice Sintético (IS) calculado al momento del cierre del Sprint para las 124 observaciones en los 30 equipos, presentado a manera de histograma revela una distribución aproximadamente normal, con una clara tendencia central ubicada en el intervalo de **70 a 85 puntos** (**Media = 77,40; Desviación estándar = 5,69**), este hallazgo sugiere que existe un "patrón de comportamiento estándar" en los equipos Scrum de la muestra, la mayoría de los equipos logran un nivel de desempeño que, aunque no alcanza el óptimo teórico (100), se mantiene en una zona de productividad estable aunque debido a la falta de integración todavía no el deseado, con lo antes expuesto se puede validar que el modelo DP2 no genera resultados aleatorios, sino que captura una regularidad operativa existente en el desarrollo de software.

El histograma muestra una distribución **unimodal**, con mayor concentración de casos alrededor de la media (**77,40**), se puede decir entonces que la mayor parte de las observaciones se ubica en el intervalo aproximado **70–85**, lo cual coincide con la región de máxima frecuencia

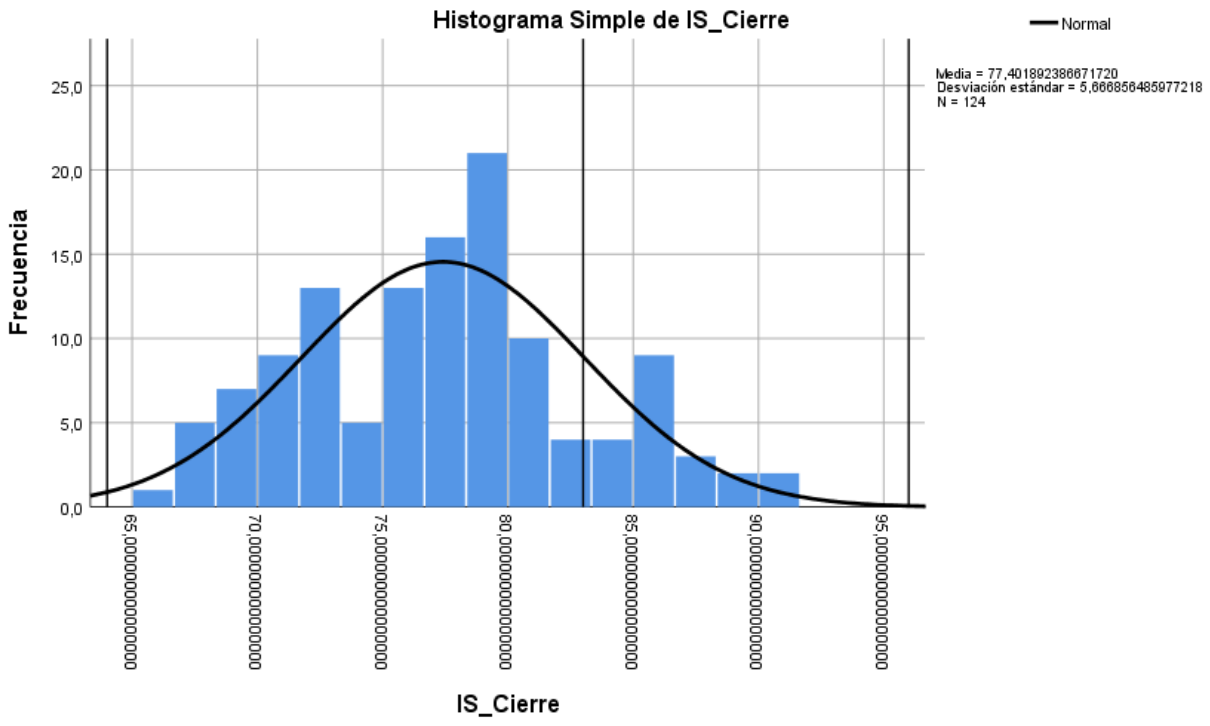
observada, en la misma forma, el resultado indica que en la muestra analizada, el comportamiento típico del IS al cierre se sitúa en el rango **65–96%**, correspondiente al nivel **"Por debajo de lo esperado"** según la escala cualitativa definida para el índice, lo cual implica que genera una brecha importante al nivel deseado de 97–100 o "Dentro de lo esperado".

Se observa la presencia de observaciones hacia el extremo derecho (aproximadamente **90–95**), lo que indica que existe un subconjunto de Sprint con desempeño global superior al promedio, lo cual se puede explicar como un sesgo positivo y alto desempeño en la práctica, son casos atípicos y podría representar una alta sinergia en los Equipos SCRUM.

En el histograma no se observan frecuencias relevantes en rangos bajos (por ejemplo, por debajo de 60), de lo que se puede inferir que son equipos maduros ya que no tiene desempeños deficientes, tomando como medida que la desviación estándar reportada es **5,69** e indica una variabilidad **moderada** alrededor de la media, y la distribución se extiende aproximadamente entre **60 y 95**, además se puede confirmar que, aunque el comportamiento típico se concentra cerca de 77 puntos, existe heterogeneidad entre los equipos, sin embargo, es importante destacar que lo antes mencionado no significa que sea "imposible" un desempeño bajo en Scrum, sino que **en los datos analizados** no aparecen casos cercanos a un "fallo total" del IS al cierre.

Figura 6.

Histograma del Índice Sintético al Cierre



Nota. Gráfico generado en IBM SPSS Statistics 25

En ambos momentos, tanto al Cierre como en el día N, predomina el nivel **"Muy por debajo de lo esperado"**, concentrando aproximadamente la mitad de los casos, además, se observa que **ninguna** de las observaciones alcanza el rango "Dentro de lo esperado (97–100%)", esto sugiere que bajo los parámetros de construcción del índice y los umbrales cualitativos adoptados, los Sprints tienden a ubicarse mayoritariamente en rangos que requieren mejora, especialmente si el objetivo es que el IS represente un estado "dentro de lo previsto" como resultado común. Este hallazgo es valioso para la investigación porque obliga a discutir si el comportamiento observado responde a: (a) un desempeño genuinamente moderado de los equipos, (b) umbrales cualitativos estrictos para el tipo de medición, o (c) la naturaleza del método de agregación/penalización utilizado (DP2) que puede redistribuir el puntaje global al corregir redundancias, esta información se puede visualizar en los siguientes gráficos de Dispersión y calor de los índices sintéticos al cierre por cada Equipo en Cada Sprint, es importante notar que los datos para el Día N son similares.

Figura 7.

Dispersión del Índice Sintético al Cierre

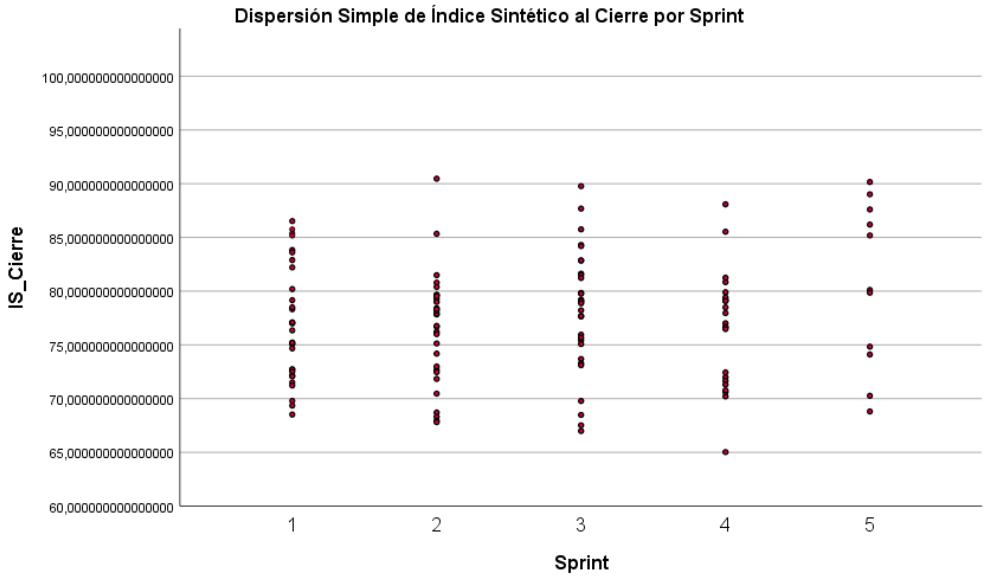
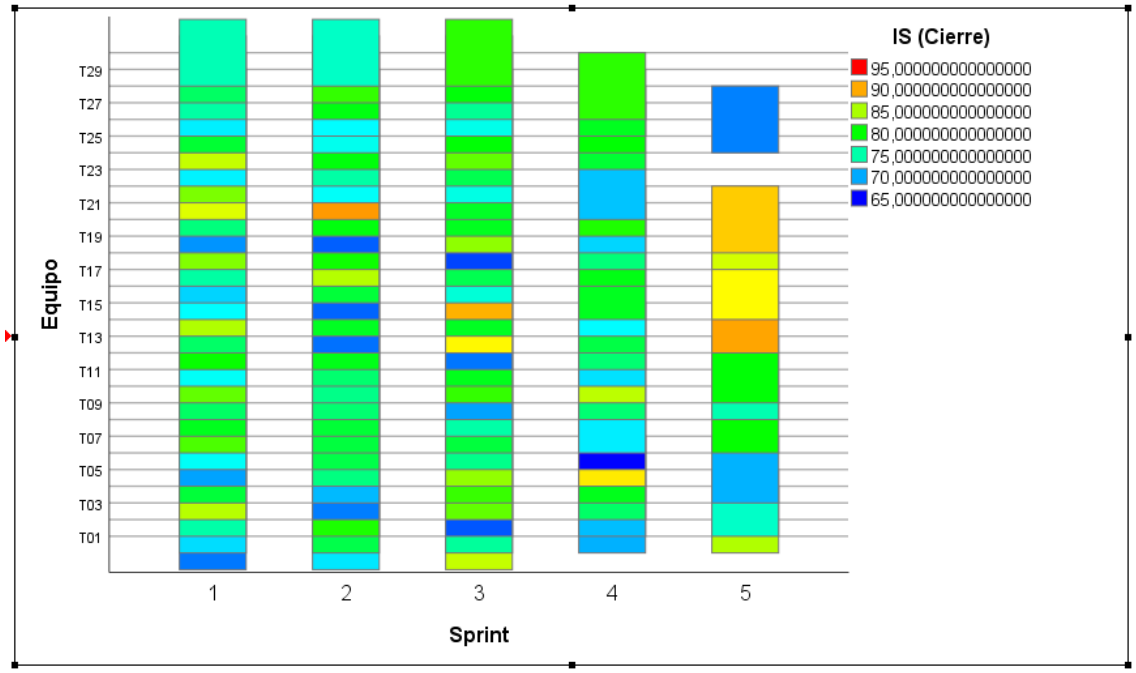


Figura 8.

Mapa de Calor del Índice Sintético por Equipo en cada Sprint al Cierre



3.5 Redacción de resultados y discusión.

La aplicación del Índice Sintético (IS) basado en la distancia DP_2 sobre la muestra de 30 equipos de desarrollo de software en Quito ha permitido identificar patrones de comportamiento y regularidades estructurales que trascienden la simple medición de métricas aisladas, a continuación, se presentan las tendencias manifiestas en los datos y su discusión en contraste con los referentes teóricos abordados:

3.5.1 Tendencias y Regularidades Manifiestas

El análisis de los resultados revela tres regularidades fundamentales en la dinámica de los equipos ágiles estudiados:

3.5.1.1 La primacía de la Integración sobre el Rendimiento

El hallazgo más significativo del modelo es la estructura de pesos resultante del análisis DP_2 Global, los datos muestran de manera consistente que el bloque de Integración (Satisfacción, Comunicación, Colaboración, Retroalimentación) aporta una mayor carga de información no redundante al éxito del equipo ($y \approx 65\%$) en comparación con el bloque de Rendimiento ($x \approx 35\%$, esta regularidad estadística sugiere que, en el contexto local, **un equipo con alta velocidad pero baja cohesión es menos sostenible** y aporta menos "valor estructural" que un equipo altamente integrado con una velocidad moderada. La penalización severa observada en la variable Velocidad por Capacidad (VCP) debido a su redundancia con la Velocidad absoluta confirma que "hacer más puntos" no es sinónimo de eficiencia si no se contextualiza, validando la necesidad de un enfoque multidimensional.

3.5.1.2 El "Efecto Convergencia" al Cierre del Sprint

Al contrastar las mediciones del "Día N" con las del "Cierre", se identifica una tendencia clara de mejora y reducción de la dispersión, mientras que en el corte intermedio (Día N) los índices sintéticos muestran una mayor volatilidad y promedios más bajos (categorías de nivel 2 y 3), al Cierre se observa un desplazamiento general hacia la derecha en la distribución (niveles 3 y 4)

Esta regularidad indica que los equipos Scrum en Quito tienden a operar bajo un modelo de "esfuerzo final" o sobre la marcha del tiempo final de la tarea, donde la integración y la finalización de entregables se consolidan drásticamente en los últimos días del ciclo, sin embargo, la persistencia de valores atípicos inferiores en el cierre advierte sobre una fracción de equipos que no logran recuperarse, posiblemente por deudas técnicas o fallos en la planificación temprana.

3.5.1.3 Consistencia Psicométrica de los Constructos Ágiles

Las pruebas de confiabilidad (α de Cronbach > 0.88) y adecuación muestral (KMO > 0.72) demostraron que los aspectos "blandos" de la agilidad (comunicación, satisfacción) no son aleatorios, sino que se comportan como constructos sólidos y medibles, lo antes mencionado refuta la noción de que la percepción del equipo es demasiado subjetiva para ser cuantificada, estableciendo una regularidad donde **la autopercepción del equipo está fuertemente correlacionada con su desempeño operativo**, o dicho de otra manera la confianza de los integrantes del Equipo es fundamental en proyectos manejados con SCRUM.

3.5.1.4 Discusión y Contrastación Teórica

Los resultados obtenidos permiten contrastar la realidad territorial de Quito con las posiciones teóricas referenciales:

- **Agilidad como Sistema Socio-Técnico:** La teoría clásica de Scrum basada en los principios de agilismo, postula que el *software funcionando* es la medida principal de progreso, sin embargo, nuestros resultados, donde el peso de la Integración (65%) supera al Rendimiento, se alinean más con las teorías contemporáneas de **Agilidad Socio-Técnica**, la misma que sostienen que la sostenibilidad del ritmo de trabajo depende más de la salud del equipo que de la velocidad bruta, en este sentido, el índice sintético valida empíricamente que, para los equipos en Quito Ecuador, descuidar la dimensión humana (Integración) tiene un impacto negativo mayor en el índice global que una caída marginal en la velocidad.

- **La falacia de la Velocidad como métrica única:** Autores críticos de las métricas ágiles tradicionales advierten sobre el riesgo de la "vanidad métrica" al usar solo la velocidad. El

modelo DP_2, al penalizar la redundancia de la VCP ($R^2 \approx 0.64 - 0.77$), confirma teóricamente que medir el desempeño solo por puntos de requerimientos o historia genera una visión inflada y repetitiva, este estudio al compaginar el Rendimiento con la integración, aporta evidencia de que la verdadera eficiencia reside en la capacidad de mantener esa velocidad en un entorno de alta colaboración y retroalimentación efectiva.

- **Adaptabilidad en el Contexto Local:** En Agilismo y específicamente en Scrum, generalmente se espera que la autonomía técnica suele ser el predictor principal, en la población estudiada la **Satisfacción del Equipo** y la **Comunicación** emergieron como los indicadores con mayor contribución relativa dentro del bloque de integración, esto sugiere que, en la cultura organizacional local, el clima laboral y la claridad en la transmisión de información son los habilitadores críticos para el éxito de la metodología Scrum, posiblemente por encima de la sofisticación técnica de las herramientas.

3.5.2 Comprobación estadística de la hipótesis (validez del índice sintético)

Hipótesis de investigación (H1)

El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025.

Hipótesis Nula(H0)

El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, no contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025.

La hipótesis de investigación (H1) plantea que el diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025, para operacionalizar esta

contribución en términos empíricos, se asume un criterio temporal mínimo de validez, es decir si el índice sintético mide efectivamente el nivel de avance del Sprint, entonces su valor al cierre debe ser mayor que el valor observado durante el Sprint (Día N), para el mismo equipo y el mismo Sprint, de esta manera, y tomando en cuenta que el Índice Sintético (IS) es una variable cuantitativa continua en escala de 0 a 100 y que las mediciones en Día N y cierre corresponden a los mismos casos (no son grupos independientes), la prueba más apropiada es la **t de Student para muestras relacionadas (pareada)**, esta prueba compara la media de las diferencias entre dos mediciones tomadas sobre las mismas unidades de análisis, preservando la información numérica del IS y ofreciendo una contrastación directa del cambio temporal esperado en el nivel de avance.

En contraste, pruebas como Chi-cuadrado son más adecuadas cuando se trabaja con variables categóricas o frecuencias por niveles, al tratarse de datos pareados, su uso requeriría pruebas específicas de cambio y la recodificación de una variable continua en categorías, lo que implicaría pérdida de información, por lo cual, la prueba t pareada se adopta como prueba principal de hipótesis, adicionalmente, se emplea la prueba no paramétrica de Wilcoxon como verificación de robustez.

Se define para cada observación i de las 124, la diferencia:

$$\Delta IS_i = IS_{Cierre,i} - IS_{DíaN,i}$$

A partir de las $n = 124$ diferencias, se calcula:

1. **Media de las diferencias**

$$\Delta \bar{I}S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta I\, S_i$$

2. **Desviación estándar de las diferencias**

$$s_\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta I\, S_i - \Delta \bar{I}S)^2}{n-1}}$$

3. **Error estándar de la media de las diferencias**

$$SE_\Delta = \frac{s_\Delta}{\sqrt{n}}$$

4. **Estadístico t**

$$t = \frac{\Delta\bar{I}S}{SE_{\Delta}}$$

5. **Grados de libertad**

$$gl = n - 1$$

6. **Intervalo de confianza (95%) para la diferencia media**

$$IC_{95\%} = \Delta\bar{I}S \pm t_{\alpha/2,gl} \cdot SE_{\Delta}$$

7. **Tamaño de efecto (Cohen d para datos pareados)**

$$d = \frac{\Delta\bar{I}S}{s_{\Delta}}$$

Nota: Este procedimiento cuantifica no solo si el cambio es significativo, sino también su magnitud práctica.

Resultados empíricos (Día N vs Cierre)

Con los valores reales del IS (n=124) se obtuvieron los siguientes estadísticos descriptivos:

- **IS (Día N):** Media = **60,12**; Mediana = **60,04**; DE = **5,26**
- **IS (Cierre):** Media = **77,40**; Mediana = **77,76**; DE = **5,67**

La diferencia por observación fue siempre positiva, es decir, en los **124 casos** se verificó:

$$IS_{Cierre,i} > IS_{DíaN,i}$$

(en esta base, la diferencia mínima fue **7,81** puntos y la máxima **27,34** puntos), lo cual es coherente con la expectativa operacional de "avance" desde una medición intermedia hacia el cierre.

La prueba t de t para muestras relacionadas arrojó:

- **Diferencia media:** $\Delta\bar{I}S = 17{,}29$puntos
- **DE de diferencias:** $s_{\Delta} = 4{,}54$
- **t (123) = 42,39**
- **p = 2,98×10⁻⁷⁵ (p < 0,001)**
- **IC 95% de $\Delta\bar{I}S$: [16,48; 18,09]**
- **Tamaño de efecto: d = 3,81** (muy grande)

  t (123) =42,39; p<0,001; ΔM=17,29; IC95% [16,48; 18,09].

Figura 9. *Validación de la prueba Student*

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	IS_Cierre	77,40189239	124	5,666856486	,5088987354
	IS_DiaN	60,11528157	124	5,261367336	,4724847347

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	IS_Cierre & IS_DiaN	124	,657	,000

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Par 1	IS_Cierre - IS_DiaN	17,28661081	4,540706376	,4077674701	16,47946011	18,09376152	42,393	123	,000

Nota. Imagen del software IBM Statistics 25, sobre los datos de IS

Como **verificación** de robustez, la prueba no paramétrica de Wilcoxon, “esta prueba es una herramienta estadística que compara dos grupos dependientes para ver si hay una diferencia significativa, sin asumir que los datos siguen una distribución normal, es la alternativa no paramétrica a la prueba t pareada” (IBM SPSS Statistics, 2025), para muestras relacionadas también resultó significativa (**p < 0,001**), confirmando que la conclusión no depende estrictamente de supuestos paramétricos.

Figura 10.

Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IS_DiaN	,091	124	,013	,970	124	,008
IS_Cierre	,056	124	,200*	,985	124	,206

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Imagen del software IBM Statistics 25, sobre los datos de IS

Figura 11.

Prueba de Robustes, rangos con signo de Wilcoxon

Pruebas NPar

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
IS_Cierre - IS_DiaN	Rangos negativos	0[a]	,00	,00
	Rangos positivos	124[b]	62,50	7750,00
	Empates	0[c]		
	Total	124		

a. IS_Cierre < IS_DiaN

b. IS_Cierre > IS_DiaN

c. IS_Cierre = IS_DiaN

Estadísticos de prueba[a]

	IS_Cierre - IS_DiaN
Z	-9,663[b]
Sig. asintótica(bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Nota. Imagen del software IBM Statistics 25, sobre los datos de IS

Con base en las 124 observaciones de cada equipo en cada sprint, el Índice Sintético (IS) presenta un incremento estadísticamente significativo desde el Día N hasta el cierre del Sprint, la prueba t de Student para muestras relacionadas evidenció una diferencia media de 17,29 puntos (IC 95%: 16,48–18,09), con t(123)=42,39 y p<0,001, acompañado de un tamaño de efecto muy grande (d=3,81), estos resultados indican que el índice discrimina de manera consistente el progreso temporal del Sprint y, por tanto, genera una medida válida para establecer el avance por Sprint en equipos Scrum dentro del contexto de estudio, en consecuencia:

- **Se rechaza la Hipótesis Nula (H0):**): “El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, no contribuye a la medición del nivel de avance…”

- **Se respalda la Hipótesis de Investigación (H1):** “El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance…”

Esta evidencia empírica, sumada al control de calidad temprano realizado previamente (estructura de correlaciones significativa y consistencia interna adecuada del bloque de integración), sustenta metodológicamente la validez del índice sintético como instrumento cuantitativo de seguimiento del avance por sprint en equipos Scrum.

4 Capítulo 4: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN

La presente investigación no se limitó a describir el estado del arte de la agilidad en los equipos de desarrollo de software en Quito, sino que, a través de la construcción y validación del Índice Sintético (IS) basado en la distancia DP_2, ha diagnosticado una realidad estructural que permite tener una visión diferente en la gestión de proyectos de desarrollo de software, que apunta al trabajo en equipo.

Los resultados obtenidos en esta **investigación en la práctica**, evidencian que medir el avance de un Sprint únicamente desde la óptica del cumplimiento operativo (puntos completados o Done) es **insuficiente para explicar el desempeño real de un equipo Scrum**, especialmente cuando se busca interpretar el Sprint como un ciclo de trabajo donde convergen resultados "duros" (rendimiento) y condiciones "blandas" (integración), en este contexto la investigación no se limita a construir un índice sintético, sino que utiliza dicho índice como un **instrumento de diagnóstico** que hace visible un fenómeno central, con lo cual se puede indicar que el **logro cuantitativo** puede coexistir con debilidades en cuanto al bloque de integración (comunicación, retroalimentación, colaboración y satisfacción), afectando la estabilidad, sostenibilidad y previsibilidad del trabajo en iteraciones sucesivas.

Desde la **perspectiva teórica**, los resultados que se pueden destacar es la elección metodológica del **indicador sintético de tipo distancia DP_2,** ya que responde a la necesidad de agregar información evitando la doble contabilización de variables altamente correlacionadas.

4.1 Fundamentación de la propuesta de transformación.

La presente investigación se sustenta en una necesidad práctica y metodológica identificada en equipos de desarrollo de software que implementan Scrum en la ciudad de Quito durante el periodo 2023–2025, a partir de la revisión documental y del análisis del problema en la práctica, se evidenció que el seguimiento del avance del Sprint suele apoyarse en métricas aisladas, tales como cumplimiento de entregables, velocidad, percepción del equipo o indicadores parciales de desempeño, aunque estas mediciones aportan información útil, normalmente se presentan de forma fragmentada, con escalas heterogéneas y sin una estructura integradora que

permita interpretar de manera consistente la relación entre lo que el equipo entrega y las condiciones internas que hacen posible dicha entrega.

En este contexto, la transformación propuesta no se orienta al diseño de una metodología entendida como una secuencia de pasos, ni a una estrategia concebida como un conjunto de acciones de intervención, sino a la construcción de un modelo, es importante destacar que esta elección se justifica porque el problema de investigación no consiste únicamente en definir cómo medir variables por separado, sino en representar de forma estructurada la relación entre dos dimensiones del avance del Sprint: el rendimiento y la integración del equipo y establecer un esquema que pueda ser replicable, en consecuencia, se requiere una propuesta capaz de organizar componentes, relaciones, pesos y resultados dentro de una misma unidad interpretativa y operativa, algo que una simple lista de procedimientos no logra por sí sola.

En coherencia con el objetivo general de la tesis, orientado a diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025, la propuesta de transformación consiste en introducir una representación integrada y operacional del avance del Sprint, así esta representación articula dos dimensiones que en la práctica suelen analizarse por separado: el rendimiento del Sprint, vinculado con la entrega y el aprovechamiento de la capacidad del equipo, y la integración del equipo, asociada a las condiciones humanas y de colaboración que facilitan o limitan el desempeño, con lo cual, la propuesta adopta la forma de un modelo de índice sintético, ya que este permite expresar en una sola estructura analítica la interacción entre ambas dimensiones y traducirla en una medición comparable e interpretable.

Desde esta perspectiva, los aportes teóricos referenciales no se incorporan únicamente como antecedentes conceptuales, sino como fundamentos que permiten justificar la forma de propuesta seleccionada, así, la teoría de los sistemas socio técnicos aporta la comprensión de que el desempeño no depende solo del componente técnico, sino también de la dinámica social del equipo, en esta vía, Scrum aporta la lógica de inspección, adaptación y seguimiento continuo del trabajo y el enfoque DP2 aporta la base matemática para estructurar una integración no redundante de indicadores, con lo cual la articulación de estos referentes conduce, por tanto, no a

una metodología aislada, sino a un modelo de representación del avance del Sprint, capaz de integrar dimensiones, indicadores y relaciones bajo una lógica coherente de medición

La Teoría de los Sistemas Socio Técnicos, el marco de trabajo Ágil (*Scrum*) y la metodología matemática de Distancia **DP_2** para la construcción de indicadores, son pilares teóricos fundamentales para la investigación, ya que conjugados entre sí en el diseño del método del índice Sintético propuesto, permiten tener una integración que no es solo aditiva, sino transformadora, permitiendo una nueva representación de la realidad operativa de los equipos de desarrollo de software en el contexto de Quito.

Desde el marco conceptual de Scrum, el control del trabajo y la mejora del proceso se sustentan en ciclos cortos de observación y ajuste, en los que la visibilidad del avance y la inspección sistemática del resultado son condiciones necesarias para la adaptación, de esta manera, la medición no es un fin en sí mismo, sino un mecanismo para sostener decisiones oportunas y aprendizaje dentro del Sprint y al cierre del mismo, con este antecedente podemos indicar que la transformación propuesta se apoya en esta lógica de seguimiento continuo, y busca materializarla en un indicador sintético interpretable, comparable y aplicable en dos momentos críticos: **Día N** (seguimiento durante el Sprint) y **cierre** (evaluación final).

Sin embargo, para transformar un conjunto de indicadores en un solo valor sintético que mantenga validez interpretativa, no basta con promediar métricas o asignar ponderaciones arbitrarias, ya que se espera obtener un valor que represente la verdadera relación del rendimiento y la integración del equipo de trabajo, en este contexto, se puede indicar que un riesgo común en índices compuestos es la **sobre ponderación** de indicadores que están correlacionados entre sí (redundancia) y la **sub ponderación** de indicadores con mayor dispersión o escalas incompatibles, debido a lo cual, esta investigación se basa en un soporte metodológico con base en la literatura de **construcción de indicadores sintéticos** mediante métodos de agregación basados en distancias, particularmente el enfoque **DP2**, que se define como una modificación de la distancia de Ivanovic incorporando el coeficiente de determinación múltiple dentro del sistema de ponderaciones(M. D. Serrano et al., 2011).

Este enfoque ofrece ventajas que resultan coherentes con los requerimientos del objeto de estudio:

1. Al dividir la distancia por la desviación típica de cada indicador, se obtiene una escala adimensional que evita procedimientos adicionales de normalización, y hace que el aporte de cada indicador sea inversamente proporcional a su dispersión (M. D. Serrano et al., 2011) , este cálculo permite comparar de forma clara los valores.

2. El término $(1-R^2)$, entendido como factor de corrección, pondera cada indicador según el porcentaje de "información nueva" que aporta al sistema al incorporarse en un orden secuencial, reduciendo la información duplicada de tipo lineal. (M. D. Serrano et al., 2011)

3. Al operar bajo el principio anterior, se reduce la necesidad de definir **a priori** pesos subjetivos para agregar indicadores, lo cual es especialmente relevante cuando se desea que el índice sea defendible académicamente y reproducible en distintos equipos o contextos. (M. D. Serrano et al., 2011)

Estos fundamentos permiten justificar por qué la investigación **modifica y sustituye** enfoques más frecuentes (promedios simples o ponderaciones fijas) por un procedimiento de agregación que controla explícitamente la redundancia y preserva la trazabilidad de la contribución de cada indicador, modificando la teoría de la evaluación de equipos de desarrollo de software que trabajan con Scrum en rendimiento e Integración, este esquema se realizó al enlazar la operatividad del trabajo en un equipo Scrum **con la teórica** del enfoque DP2 al fenómeno específico del "avance del Sprint" en Scrum, entendiéndose como avance en Rendimiento e Integración, así como en la incorporación de relaciones nuevas entre medición, control de calidad de datos y uso práctico del índice, este enlace se expresa bajo la consideración de en cinco decisiones metodológicas centrales:

1. **Definición del avance como estructura bidimensional en bloques (Rendimiento e Integración).**
   La propuesta redefine el avance del Sprint como un constructo compuesto por dos subíndices, un índice de rendimiento y un índice de integración, ambos en escala 0–100, de forma que la evaluación no dependa únicamente de la entrega, sino

también de condiciones internas del equipo que sostienen esa entrega (dinámica de colaboración, comunicación y satisfacción).

2. **Sustitución del "promedio Likert" debido a la formulación consistente de indicador (0–100) y su uso como variable del sistema.**
   En el bloque de Integración, los ítems tipo Likert se transforman a una escala porcentual comparable y trazable, preservando el carácter ordinal del instrumento, pero generando una salida cuantitativa uniforme que puede integrarse al sistema de indicadores del índice, esta transformación permite que la Integración sea analizada como el Rendimiento, es decir en la misma escala numérica , evitando interpretaciones dispares debido al uso de diferentes escalas.
3. **Incorporación explícita de control de calidad a los datos recopilados como requisito metodológico para el índice.**
   La investigación no trata el índice como una "fórmula final" independiente de la calidad de los datos, en contraste con lo mencionado, introduce como condición necesaria la validación temprana (por cada ventana de observación en cada Sprint de cada equipo) de valores que se consideran mínimos para iniciar el proceso, entre los que podemos destacar:
   a. Aprovechamiento de la estructura de correlación (KMO/Bartlett)
   b. Consistencia interna del bloque de Integración (α de Cronbach)
   c. Ausencia de multicolinealidad severa (VIF/Tolerancia calculados de forma simétrica desde R^{-1}).

   Esta integración fortalece la validez del índice porque asegura que el sistema de indicadores sea estadísticamente utilizable antes de agregarlo.

4. **Operacionalización del DP2 mediante término de contribución estandarizado x/σcon referencia "peor = 0 y mejor = 100", evitando z-scores como criterio principal.**
   Una decisión clave de la propuesta es medir "logro" desde cero (referencia mínima) y **estandarizarlo por volatilidad (σ),** lo cual hace que *mayor valor siempre aporte positivamente* al índice y reduce ambigüedades interpretativas en ambientes operativos, este criterio se recoge en el procedimiento formal del proyecto con la

decisión de “en lugar de usar Z-scores (distancia a la media), se usa un término que mide el logro desde cero, estandarizado por su volatilidad”.

5. **Derivación endógena de pesos de bloque (x, y) mediante DP2 global y contribución de información única.**
   La propuesta no fija x ni y por conveniencia (por ejemplo que cada sub índice tenga un peso de 50% cada uno), sino que los **deriva del DP2 global** con base en la contribución de información única de los indicadores, con lo antes mencionado el procedimiento del proyecto establece que el DP2 global permite estimar “de manera endógena y no arbitraria, qué bloque aporta más información no redundante” y que la contribución relativa se calcula como el peso de unicidad del indicador dividido para la suma total de pesos.

En este sentido se puede decir que el modelo incorpora una relación nueva entre teoría y decisión práctica (cuánto pesa Rendimiento vs Integración), dejando trazabilidad estadística del porqué del peso asignado a cada bloque, así los resultados del estudio (Día N y cierre) muestran que, aun cuando los equipos puedan reportar valores altos en indicadores de rendimiento, existe variabilidad significativa en integración, y dicha variabilidad influye en la **lectura real del avance del Sprint**, lo cual nos permitió determinar que en términos de transformación efectiva del problema, implica que la organización no solo necesita “medir cuántos puntos se completaron”, sino contar con una herramienta que permita interpretar **qué tan sostenible y repetible** es ese rendimiento con base en condiciones internas del equipo.

Con lo antes expuesto, se puede concluir que la propuesta de transformación se justifica, ya que traduce el control empírico del Sprint en una medición integrada (Rendimiento más Integración), así como reduce distorsiones por redundancia estadística (penalización por $1 - R^2$), evitando que dos métricas altamente correlacionadas dominen el índice, también elimina la arbitrariedad de pesos, sustituyéndola por una lógica de “información única” derivada del sistema completo y finalmente entrega un resultado final en escala 0–100, interpretable y comparable entre equipos, Sprints y momentos (Día N vs cierre), sin perder la posibilidad de auditar cómo cada indicador aporta al resultado global. Finalmente podemos establecer que la teoría de la investigación se basa en:

a) La necesidad práctica de monitoreo y aprendizaje en ciclos Scrum
b) La necesidad metodológica de construir un índice sintético sin redundancias ni ponderaciones subjetivas
c) La contribución de la investigación al adaptar DP2 a un modelo operativo por bloques, con control de calidad temprano y pesos endógenos, construyendo así una "ruta de medición" aplicable al contexto real de equipos Scrum en Quito.

Finalmente, se puede entonces establecer que la propuesta de transformación se justifica como modelo porque responde a la necesidad de representar de manera estructurada una realidad compleja, que es el nivel de avance del Sprint como resultado de la interacción entre rendimiento e integración del equipo, es importante establecer que la revisión teórica permitió establecer que el avance en contextos Scrum no puede comprenderse de manera suficiente desde métricas aisladas, mientras que los datos e información obtenidos en la práctica mostraron que, aun cuando los equipos pueden presentar valores favorables en indicadores de rendimiento, existe variabilidad en los indicadores de integración que modifica sustancialmente la lectura del avance real del Sprint, con lo cual esta evidencia empírica confirmó que el problema no era únicamente de cálculo, sino de representación integrada del fenómeno. En ese contexto, puedo indicar que la opción por un modelo resulta metodológicamente más pertinente que una metodología o una estrategia, una metodología habría descrito procedimientos para medir, una estrategia habría orientado acciones para intervenir, pero la necesidad de la investigación fue construir una representación analítica y operativa que organizara dimensiones, indicadores, relaciones y ponderaciones dentro de una misma estructura explicativa y que permita replicar su uso en función del marco de trabajo Scrum, con lo cual, el modelo de índice sintético propuesto permite expresar el avance del Sprint como un constructo bidimensional, compuesto por rendimiento e integración, articulado en escala 0–100, con capacidad de comparación entre equipos, Sprints y momentos de observación, por lo cual, el modelo incorpora aportes teóricos y prácticos de forma convergente, es decir desde lo teórico, integra la visión socio técnica del trabajo, la lógica de control empírico de Scrum y la agregación no redundante del enfoque DP2 y desde lo práctico, responde al estado del problema identificado mediante los instrumentos aplicados, al ofrecer una medición que supera la fragmentación, reduce distorsiones por redundancia estadística, evita

ponderaciones arbitrarias y mantiene trazabilidad sobre la contribución de cada indicador al resultado global, con lo cual, la investigación no solo propone una forma de cálculo, sino una estructura de representación del avance que hace visible la relación entre desempeño técnico y condiciones internas del equipo que se puede replicar, por lo cual, con lo antes mencionado, se puede afirmar que la propuesta seleccionada es un modelo porque su finalidad principal es representar, integrar y explicar el avance del Sprint en equipos Scrum a partir de una lógica estructural y no meramente procedimental, es importante destacar que su valor transformador radica en que convierte información dispersa en una unidad sintética de análisis útil para el seguimiento en Día N y en cierre, fortaleciendo la interpretación del desempeño de los equipos de desarrollo de software en el contexto de Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025.

4.2 Estructura de la propuesta de transformación.

Con base en el Objetivo general de la investigación "Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025", la presente **propuesta de transformación** se concibe como un resultado propositivo derivado de una investigación aplicada al contexto de equipos de desarrollo de software que utilizan Scrum en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025, siendo su finalidad la de ofrecer un **modelo estructurado, sintético y operable** que permita contribuir a la medición del nivel de **avance por Sprint**, integrando dos dimensiones complementarias a manera de subíndices: **rendimiento** (cómo progresa la entrega) e **integración** (cómo se articula y coopera el equipo para sostener el desempeño).

En términos metodológicos, la dirección de esta propuesta se fundamenta en:

1. La necesidad de contar con mediciones que mantengan la **visibilidad y control continuo** en contextos ágiles sin introducir cargas administrativas excesivas, esto dentro de los conceptos de Agilismo y Scrum sobre los que se basa la investigación.

2. La pertinencia de construir una medida compuesta (índice) para resumir la información relevante de un conjunto de indicadores generales seleccionados, es importante notar que

en la literatura de valoración de Scrum, se señala precisamente la necesidad de establecer un control continuo en las Daily Sprint para habilitar Transparencia, inspección y adaptación, que son los pilares de Scrum, así como se observa que métricas como velocidad, burndowns u otras pueden aportar valor sin requerir trabajo administrativo adicional cuando se apoyan en herramientas.

4.2.1 Transformación: de la medición dispersa a una medida sintética operable

En entornos ágiles, suele existir abundancia de datos (tableros, historias, estados, encuestas, eventos), pero esa abundancia no siempre se traduce en una lectura ejecutiva simple del "avance", la propuesta de transformación en este contexto implica pasar de mediciones parciales y a veces inconexas a una medida sintética que conserve significado, comparabilidad temporal y utilidad práctica, para esto nos basamos en la literatura sobre indicadores sintéticos donde se reconoce que estos índices permiten **agregar** información de múltiples indicadores representativos, pero también advierte que el principal problema es definir ponderaciones y tratar la heterogeneidad de unidades entre indicadores.(Mondéjar-Jiménez & Vargas-Vargas, 2008).

En la investigación se parte de indicadores generales agrupados por sus características intrínsecas de funcionalidad para Rendimiento e Integración para mediante la aplicación del modelo llegar al índice Sintético, diferenciándose como características principales en:

- **Indicador General**: variable o medida que aproxima el estado o desempeño de un aspecto específico.
- **Índice sintético**: agregación de indicadores individuales con el propósito de representar un fenómeno multidimensional mediante una sola medida.

Esta propuesta se centra en un índice sintético orientado al **avance por Sprint**, con indicadores subyacentes que cubren dos dimensiones: rendimiento e integración, con lo que podemos considerarlas a estas últimas como dimensiones complementarias, así:

- **Rendimiento** (en el contexto de proyectos Scrum) se vincula con el progreso efectivo de la entrega dentro de un Sprint: lo comprometido y lo logrado, así como la capacidad del equipo para sostener ese logro.

- **Integración** se asocia al funcionamiento interno del equipo: satisfacción, retroalimentación, claridad comunicacional y colaboración. En términos prácticos, esta dimensión responde a la necesidad de comprender no solo “cuánto se entrega”, sino “cómo se logra”, en coherencia con la idea de inspección y mejora continua propia del proceso Scrum.

Para Scrum, cuando se busca establecer medidas de avance, se puede observar la preocupación por perder el control desde una perspectiva gerencial, lo cual redunda en cierta reminiscencia para adoptar enfoques ágiles, y se plantea la necesidad de **control continuo** que sin contravenir en los principios de agilismo y que soporte el esquema de apertura al cambio, al mismo tiempo habilite visibilidad, transparencia, inspección y adaptación, aunque existen esquema de medición que con ciertas niveles (p. ej. velocidad, burndowns, EVM) aportan valor, aun no integran en la misma medida el rendimiento y la integración del equipo, factores considerados claves para el bienestar del equipo a largo plazo y no solo el rendimiento como medida a corto plazo, todo esto bajo las premisas de agilismo es decir que la recolección de datos no requiera un extenso trabajo administrativo adicional (Cogollo Oyola, 2013), en consecuencia, un criterio transversal de esta propuesta es que el modelo de índice sintético sea **funcional**, **fácil de aplicar** y **poco intrusivo** en el flujo de trabajo del equipo.

Cuando un índice integra indicadores heterogéneos, es habitual convertirlos a una escala común para facilitar interpretación y agregación, un esquema valido en la construcción de índice sintético es proponer como primer paso convertir los valores de cada indicador a un puntaje de **0 a 100** mediante reglas de transformación (incluyendo tratamiento del “sentido” del indicador para asegurar que valores mayores representen mayor avance), este principio sustenta la decisión de diseñar indicadores en escala comparable (0–100), con interpretaciones cualitativas asociadas (p. ej., niveles de avance), favoreciendo lectura ejecutiva y comparabilidad entre equipos y Sprints.

La principal ventaja de los indicadores sintéticos es su **sencillez** ya que permite estimaciones y lecturas relativamente rápidas frente a métodos alternativos, así como se reconoce críticas y dificultades, especialmente la definición de ponderaciones y la heterogeneidad de indicadores parciales, esto es especialmente relevante para una propuesta aplicada a equipos

Scrum, donde conviven indicadores de distinta naturaleza (operativos y perceptuales, cuantitativos y ordinales).

Un reto frecuente en índices sintéticos es evitar que indicadores altamente correlacionados "dupliquen" información y distorsionen el resultado, así como evitar que la asignación de pesos sea arbitraria, en revisiones críticas sobre metodologías de índice sintético basadas en distancias, se explica que ciertas aproximaciones incorporan un **factor de corrección** asociado al porcentaje de información nueva que aporta cada indicador y que, con ello, se elimina información duplicada de tipo lineal y la necesidad de establecer pesos a priori, a la vez, se advierte una limitación importante: el valor del indicador sintético puede verse afectado por el **orden** en que se introducen los indicadores, porque dicho orden determina los coeficientes utilizados en el sistema de ponderaciones/corrección, con lo antes mencionado y para fines de esta investigación, estas ideas se incorporan como **principios de diseño** (control de redundancia, transparencia y consistencia), sin obligar a explicitar desde el inicio una técnica particular, manteniendo la coherencia con el enfoque inicial de un "índice sintético general".

En modelos de índices sintéticos aplicados a políticas o contextos dinámicos, se destaca la funcionalidad de poder **incluir o eliminar indicadores** a lo largo del tiempo sin cambios estructurales drásticos, preservando la lógica del índice, dado que en proyectos Scrum los equipos y prácticas evolucionan, esta flexibilidad es un atributo deseable, así el índice debe ser suficientemente estable para comparar, pero adaptable si el contexto lo requiere, de esta manera podemos indicar que dentro de los proyectos en general y de software en específico, el objetivo final es crear productos o servicios con Scrum, para lo cual se divide en **fases/etapas denominadas Sprints**, con actividades y productos (entregables) donde se puede implementar el modelo de índice sintético en equipos Scrum, la propuesta busca convertir información operativa del Sprint (rendimiento) y evidencia de interacción del equipo (integración) en un **resultado único, interpretable y comparable**, conservando trazabilidad hacia los indicadores que lo componen.

La propuesta se materializa como un modelo operativo tratando de ser replicable y medible para estimar el avance de equipos Scrum en dos dimensiones críticas del Sprint: el rendimiento del trabajo comprometido (IR) y la integración del equipo (II), el resultado integrado es el Índice Sintético (IS), calculado por unidad, equipo por sprint, tanto en un corte intermedio

(día N) como al cierre del Sprint, de este modo, el modelo permite un monitoreo temprano durante la ejecución y la evaluación final del Sprint para retroalimentación y mejora continua con lo cual el índice sintético que se calcule será:

- Interpretable
- Comparable entre sprints,
- Aplicable en día N y en cierre
- Sustentable estadísticamente (consistencia y estructura de correlaciones).

La propuesta se concibe como un sistema mínimo viable (SMV) que un equipo Scrum puede adoptar sin herramientas especializadas, para esto se concibió bajo una arquitectura de tres capas:

1. Captura de datos, en este punto se captura:
    a) Registros operativos del Sprint Backlog para estimar puntos ganados a día N y puntos completados al cierre
    b) Registro de la capacidad del equipo en puntos
    c) Encuesta de integración (Likert 1–5) para obtener TS, FB, COM y COL
2. Cálculo y control de calidad, aquí se implementa el pipeline del método DP2 y conserva trazabilidad de parámetros (σ, ω, pesos).
3. Reporte e interpretación, en esta capa se transforma los resultados en salidas accionables, como son tablas por equipo y por Sprint, así como visualizaciones que facilitan comparación y priorización

El procedimiento operativo se ejecuta en seis etapas, manteniendo el mismo orden lógico en día N y en cierre, las diferencias entre momentos se concentran en el cálculo del rendimiento (puntos ganados vs puntos finalizados) y en la medición de integración (temporal vs final), las etapas son:

1. Preparación de datos:
    a. Consolidar la tabla equipo por Sprint con los seis indicadores generales
    b. Garantizar dirección “más es mejor” y escala común.
2. Control de calidad temprano

a. Verificar estructura de correlaciones
b. Consistencia (Bartlett, KMO, det(R), VIF/tolerancia y α de Cronbach en Integración).

4. Cálculo/actualización de parámetros de volatilidad (σ): Estimar σ (Desviación estándar) por indicador sobre la ventana definida (p. ej., 2–3 Sprint o base de referencia producto de esta investigación) para estandarizar magnitudes.
5. DP2 por bloque: calcular IR y II con penalización por redundancia (ω) dentro de cada bloque.
6. DP2 global y pesos de bloque (x, y): Estimar contribuciones globales y obtener pesos para combinar IR e II en el IS.
7. Reporte e interpretación: presentar IR, II e IS (día N y cierre) con niveles cualitativos y visualizaciones, documentar alertas e hipótesis de causa.

4.2.2 Evidencia empírica y resultados ilustrativos

Para demostrar la propuesta se utilizó una base de n=124 observaciones (equipo × sprint), generadas a partir de 30 equipos con 3–5 Sprint y calculadas en dos momentos: día N y cierre, con esta premisa, a continuación, se sintetizan los hallazgos numéricos más relevantes del control de calidad y del IS.

4.2.2.1 Control de calidad (día N y cierre).

En día N, la prueba de esfericidad de Bartlett resultó significativa (χ^2=475.639, gl=15, p<0,001), con KMO_global=0,726 y det(R)=0,019, el bloque Integración presentó alta consistencia interna (α=0,885) y por medio del parámetro VIF/tolerancia, se observó colinealidad moderada en los indicadores de rendimiento (Velocidad y VCP), mientras que los indicadores de integración se mantuvieron en rangos bajos a moderados.

Al cierre, Bartlett volvió a ser significativo (χ^2=554.758, gl=15, p<0,001), con KMO_global=0,760 y det(R)=0,0099, la consistencia interna del bloque Integración aumentó (α=0,927) y los VIF se mantuvieron dentro del criterio aceptable (≤5), confirmando que los datos cumplen las condiciones establecidas para aplicar DP2 y construir el Índice Sintético.

4.2.2.2 Distribución e interpretación del Índice Sintético (IS).

En día N, el IS tuvo media=60.12 (DE=5.26) y mediana=60.04, con rango entre 49.45 y 70.17, la clasificación cualitativa ubicó el 98,39% de los casos en “Muy por debajo de lo esperado” y el 1,61% en “Por debajo de lo esperado”, lo cual refleja que en el corte intermedio prevalece trabajo aún no finalizado y, por tanto, menor puntaje integrado.

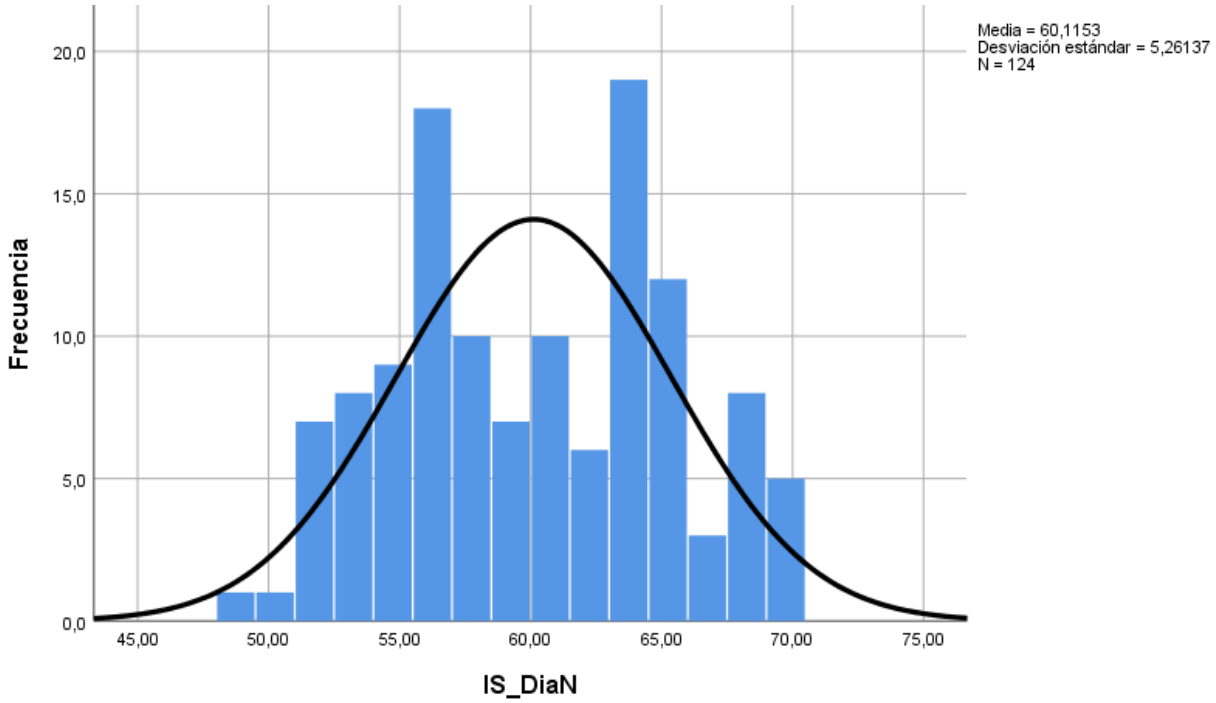
Al cierre, el IS aumentó a media=77.40 (DE=5.67) y mediana=77.76, con rango entre 65.02 a 90.46, el 100% de las observaciones se ubicó como “Por debajo de lo esperado” (65–96), evidenciando una mejora sustancial respecto a día N, pero también un margen de optimización consistente con el propósito de la propuesta de servir como instrumento de diagnóstico y mejora, no solo como una certificación de cumplimiento, con lo cual se puede establecer claramente que la fecha estimada de finalización que se concluye en base a los puntos estimados para cada actividad en el Sprint Backlog sufre un aumento significativo, reflejando ese sentimiento de urgencia por finalizar, en consecuencia es importante destacar que en promedio, el IS se incrementó 17.29 puntos desde día N hasta el cierre (DE=4.54), con mejoras mínimas y máximas de 7.81 y 27.34 puntos, respectivamente.

Para apoyar la discusión de resultados se realiza con cinco gráficos:

1. Histograma del IS en día N (Figura 12)
   Este grafico permite determinar que en el Día N se concentra alrededor de 55-65, mientras que el cierre se concentra de 75 a 85, lo que muestra un desplazamiento a la derecha con aproximaciones normales.

Figura 12.

Histograma del Índice Sintético al Día N



Nota. Gráfico generado en IBM SPSS Statistics 25

2. Histograma del IS al cierre (Figura 6)

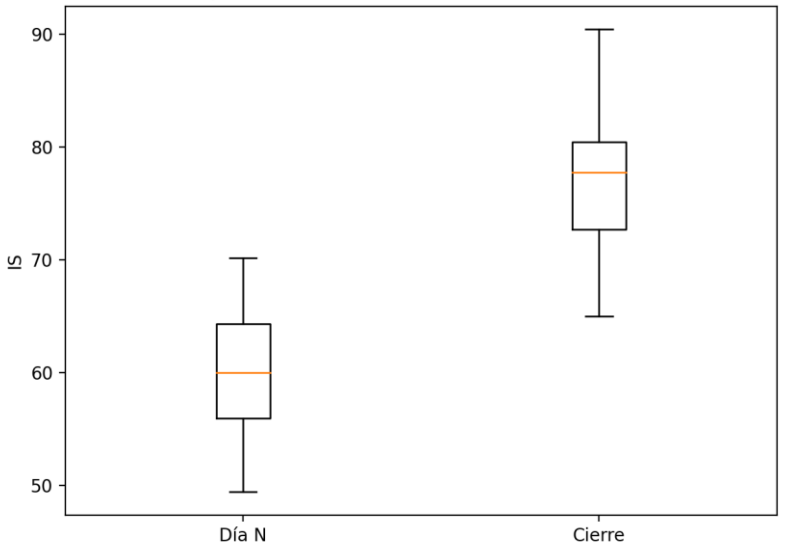
   Esta figura compara el Índice sintético al día N con el cierre y permite visualizar los rangos de cierre

3. Diagrama de cajas comparativa del día N vs cierre (Figura 13)

   Estas visualizaciones permiten identificar tendencia central, dispersión.

Figura 13.

Comparación del IS: día N vs cierre.



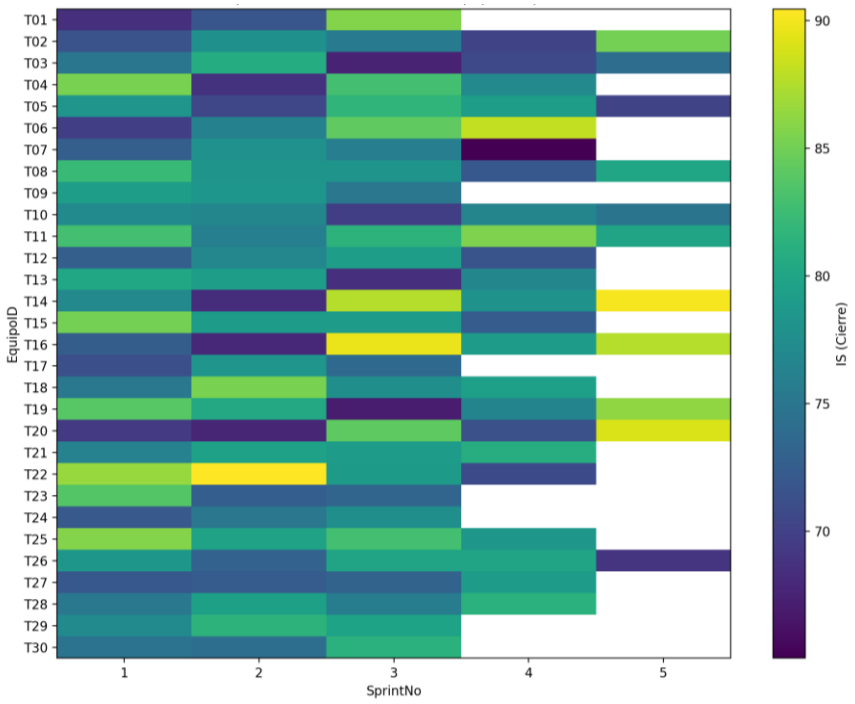
Nota. Gráfico generado en Python / matplotlib

4. Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint) (Figura 14)

   Estas visualizaciones permiten identificar patrones por equipo y posibles casos atípicos.

Figura 14.

Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint).



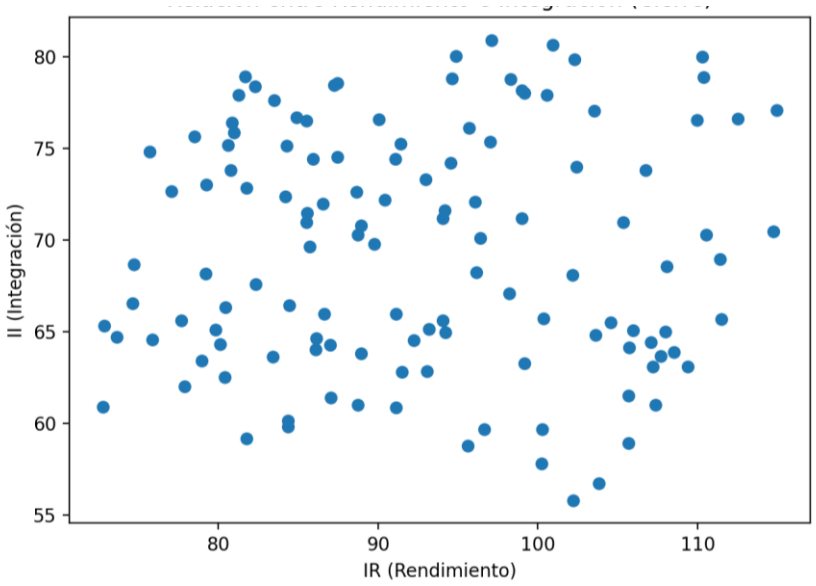
Nota. Gráfico generado en Python / matplotlib, Anexo O

5. Diagrama de dispersión IR vs II. (Figura 15)

   Estas visualizaciones permiten identificar tendencia central, dispersión, patrones por equipo y posibles casos atípicos.

Figura 15.

Dispersión IR vs II al cierre.



Nota. Gráfico generado en Python / matplotlib, Anexo O

Gráfico 1

Comparación de Índice Sintético en diferentes momentos

Gráfico 2
Índice Sintético al Cierre y al Día N por Sprints

Gráfico 3
Comparación del Componente de Rendimiento frente al Índice

4.2.2.3 Reglas de uso y criterios de transformación

La propuesta en la investigación se orienta a la transformación efectiva del problema de investigación con el objetivo de disponer de una medición integrada que permita monitorear y comparar el avance de equipos Scrum durante y al final del Sprint. Para lograrlo, se proponen tres reglas de uso:

- Uso dual del índice: en día N el IS actúa como señal temprana para detectar riesgo de cumplimiento e integración, al cierre, el IS sirve como evaluación final para la retrospectiva.
- Gestión de valores extremos en rendimiento: los valores de Velocidad/VCP superiores a 100% se interpretan como sobrecumplimiento y se restringen a un máximo operativo de 120% para el cálculo DP2, evitando distorsiones por sobreestimación de puntos o cambios de alcance que inflen artificialmente el rendimiento.
- Lectura accionable por niveles: el IS se traduce a niveles cualitativos, una clasificación recurrente en “Muy por debajo” o “Por debajo” orienta acciones concretas (revisión de compromiso, refinamiento, impedimentos, colaboración y comunicación).

Como resultado, la investigación produce un esquema claramente definido para reproducir el cálculo del índice sintético en otros Equipos en sus respectivos Sprints, así como la entrega de los pesos referenciales para uso de otros equipos en el cálculo del Índice Sintético.

4.3 Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación.

La valoración de la propuesta de transformación se desarrolló mediante un enfoque de evaluación **instrumental, estadístico y operativo**, con el propósito de determinar si el modelo de **Índice Sintético (IS)** diseñado cumple su función en el contexto de equipos Scrum (Quito, 2023–2025) y si puede ser aplicado de forma consistente por terceros, en ese sentido con el **objetivo general** (Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos agiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración), la evaluación se

estructuró alrededor de los **criterios de instrumentación** requeridos para recolectar y preparar los datos, el **control de calidad estadístico temprano** para validar que los indicadores pueden combinarse con rigor metodológico, y la obtención de **resultados verificables** (IS a Día N y al Cierre) que permitan interpretar el desempeño de los equipos y sustentar decisiones de gestión, es importante destacar que el Dia N, se lo realizo como un proceso de verificación que trata de establecer mediante el índice sintético el avance del equipo y que permitiera tener luces de cómo va a terminar al cierre el equipo. La propuesta se instrumenta con **seis indicadores generales** (todos en escala 0–100, "más es mejor"), agrupados en dos componentes:

1. **Rendimiento:**
    1. Velocidad por puntos (%)
    2. Velocidad por Capacidad en Puntos – VCP (%)
2. **Integración**
    1. Satisfacción del equipo (TS %)
    2. Retroalimentación en el Sprint (FB %)
    3. Efectividad en la comunicación (COM %)
    4. Métrica de colaboración (COL %)

Criterios de evaluación adoptados para la propuesta.

1. **Criterios de instrumentación (operativos)**
    - Existencia de fuentes y registros para alimentar los indicadores:
        - Rendimiento: estados del Sprint Backlog (Done / In Review / In Progress / To Do), puntos, variaciones del alcance (añadidos/retirados), y capacidad declarada del equipo.
        - Integración: encuesta Likert 1–5 por indicador, transformada a porcentaje con una regla consistente.
    - Capacidad de producir dos mediciones: **Día N (seguimiento)** y **Cierre (resultado final)**.
2. **Criterios de control de calidad (estadísticos) para habilitar DP2**

    La propuesta incluye un control temprano para asegurar validez metodológica al combinar variables, con métricas y umbrales definidos:

- **Bartlett** (esfericidad): significancia estadística ($p < 0,05$) como evidencia de correlaciones aprovechables.
- **KMO global**: aceptable ≥ 0,60; ideal ≥ 0,80.
- **VIF / tolerancia**: diagnóstico de multicolinealidad, se prioriza que no exista colinealidad severa, y se documentan casos borderline (p. ej., alta asociación entre Velocidad y VCP).
- **α de Cronbach** (bloque Integración): aceptable ≥ 0,70 como consistencia interna.

3. **Criterios de resultados (productos verificables)**

- Matriz final de indicadores (0–100).
- Reporte de control de calidad (Bartlett/KMO/VIF/α).
- Parámetros de DP2 (σ por variable, penalizaciones ω y pesos por bloque x,y).
- **IS_DíaN** e **IS_Cierre** para cada observación equipo por cada sprint, con interpretación cualitativa.

Resultados del control de calidad y evidencia de validez estadística

La validación estadística temprana se ejecutó sobre una base de **124 observaciones (equipo en cada sprint)**, lo cual permitió evaluar la coherencia global de los seis indicadores y su aptitud para construir un índice sintético.

Resultados Día N

- **KMO global = 0,7262**, valor que supera el umbral mínimo (≥ 0,60) y se ubica en un rango aceptable para justificar el análisis conjunto de variables.
- **Bartlett χ^2 = 475,6388; gl = 15; p < 0,001**, lo que indica que la matriz de correlaciones no se comporta como identidad y, por tanto, existen correlaciones estadísticamente explotables para un esquema de agregación multivariante.
- **α de Cronbach (Integración) = 0,8847**, evidenciando consistencia interna alta en el bloque de Integración.
- La revisión de **redundancia** mostró el comportamiento esperado, es decir los indicadores de rendimiento tienden a correlacionarse (Velocidad y VCP), por lo que el

método DP2 es pertinente precisamente porque incorpora penalización por redundancia (ω) y evita una sobre ponderación de variables altamente asociadas.

Resultados al Cierre

- **KMO global = 0,7595**, manteniendo (e incluso mejorando) la adecuación muestral para el análisis conjunto.
- **Bartlett χ^2 = 554,7580; gl = 15; p < 0,001**, confirmando una estructura de correlaciones robusta al cierre.
- **α de Cronbach (Integración) = 0,9266**, indicando una consistencia interna aún más fuerte en Integración al final del Sprint, coherente con el hecho de que las percepciones del equipo tienden a estabilizarse cuando el ciclo concluye.
- En el cierre, los diagnósticos de colinealidad se **mantuvieron dentro de rangos** operativamente aceptables (por ejemplo, VIF cercanos a 4,5 en las variables de Rendimiento), lo cual respalda que el modelo no está dominado por una multicolinealidad severa.

Valoración metodológica: en ambos momentos (Día N y Cierre), la combinación de Bartlett significativo, KMO ≥ 0,60 y α ≥ 0,70 confirma que el conjunto de indicadores es estadísticamente coherente para su integración, a la vez, el DP2 cumple un rol justificable al penalizar redundancias (en especial dentro del bloque Rendimiento).

Resultados del índice sintético: evidencia de utilidad operativa

Más allá del control de calidad, la propuesta se valida por su capacidad de generar resultados interpretables para gestión, la comparación entre **Día N** (seguimiento) y **Cierre** (resultado final) constituye el núcleo de su utilidad operativa: el modelo permite observar el avance "durante" el Sprint y la condición final al cerrarlo, los resultados obtenidos son los siguientes:

- En **Día N**, el IS se ubicó alrededor de una tendencia central menor (por ejemplo, el histograma de SPSS reporta **media ≈ 60,115** y **desviación estándar ≈ 5,261**, con N=124).
- En **Cierre**, el IS se desplazó hacia valores más altos (por ejemplo, SPSS reporta **media ≈ 77,402** y **desviación estándar ≈ 5,669**, con N=124).

Este desplazamiento es coherente con el significado del índice, es decir que en el Día N se mide un estado parcial (aún con trabajo en progreso), mientras que al Cierre se consolida el desempeño final del Sprint, con lo cual, en términos prácticos, la propuesta permite que el equipo y la organización identifiquen tempranamente si el Sprint se encuentra "por debajo" del estado esperado (para intervenir) y, posteriormente, confirmar el resultado final en el cierre. La estabilidad de la dispersión (desviaciones estándar cercanas) sugiere además que el índice no se vuelve errático por la etapa de medición, sino que conserva consistencia en su comportamiento.

La propuesta demuestra **consistencia y estabilidad** en la distribución del índice sintético en ambos momentos de medición, la **Figura 12 Histograma del Índice Sintético al Día N,** muestra la distribución de frecuencias del índice al día de corte, evidenciando una concentración de casos en valores intermedios, coherente con el carácter parcial de la medición (trabajo en progreso y tareas no finalizadas), de la misma forma, la **Figura 6 Histograma del Índice Sintético al Cierre,** presenta el comportamiento del índice al cierre del Sprint, donde la distribución se desplaza hacia valores superiores respecto al Día N, lo cual es esperable porque el Sprint ya consolidó el resultado de rendimiento (entrega) y de integración (percepción final del equipo), con lo cual podemos indicar que en conjunto, ambas figuras aportan evidencia de que el índice no produce valores arbitrarios, sino que capta la dinámica natural del Sprint: avance parcial durante la ejecución y resultado final al cierre.

En segundo lugar, la comparación directa entre ambos momentos se valida mediante una representación de contraste, la **Figura 13 Comparación del IS: día N vs Cierre**, permite identificar, de forma visual y estadísticamente clara, el cambio en tendencia central (mediana) y el comportamiento de la dispersión entre el día de medición intermedio y el cierre, esta figura fortalece la utilidad práctica del modelo: evidencia que el IS es sensible al progreso real del Sprint y, por tanto, puede utilizarse como instrumento de seguimiento (Día N) y como instrumento de evaluación final (Cierre), en este sentido, la comparación sugiere que el índice es capaz de reflejar variabilidad real entre equipos y Sprints, en lugar de "aplanar" los resultados hacia un único valor promedio.

En tercer lugar, la propuesta se valida al demostrar que el índice no reduce la interpretación a un único número sin explicación interna, sino que conserva la lógica estructural del modelo de rendimiento e integración como componentes diferenciables, en este sentido la **Figura 15 Dispersión IR vs II (Cierre)** muestra la relación entre los subíndices de Rendimiento

e Integración al cierre del Sprint, permitiendo identificar perfiles de comportamiento (por ejemplo, casos con alto rendimiento, pero integración moderada, o integración alta con rendimiento no máximo), esta evidencia es esencial para la validez funcional del índice, porque confirma que el IS discrimina y refleja configuraciones distintas, evitando interpretaciones simplistas de “todo va bien” o “todo va mal” sin matices.

En cuarto lugar, la propuesta demuestra su **aplicabilidad para monitoreo comparativo** y toma de decisiones organizacionales mediante una visualización que integra dimensión temporal y comparativa entre equipos. La **Figura 14 Mapa de calor del IS al Cierre** permite identificar patrones por equipo a través de sus Sprints, así como variaciones relevantes entre ciclos, este gráfico aporta un valor instrumental directo debido a que facilita detectar equipos consistentemente altos o bajos, identificar Sprints con caídas abruptas y priorizar análisis causal (cambios de alcance, capacidad, fricción comunicacional, debilidades de colaboración o retroalimentación), en términos de gestión, este producto gráfico es uno de los más potentes de la propuesta porque transforma un conjunto de resultados numéricos en una lectura inmediata y comparable del comportamiento del índice en el tiempo.

La propuesta fue diseñada para ser implementable en equipos Scrum reales con recursos accesibles y procedimientos reproducibles, los recursos se agrupan en cinco categorías:

1. **Recursos de información (datos mínimos)**
    - Backlog con puntos y estado por ítem (Done / In Review / In Progress / To Do).
    - Registro de cambios de alcance (añadidos/retirados) para el cálculo correcto de comprometido.
    - Capacidad declarada de cada desarrollador, con lo que se calcula la capacidad declarada del equipo
    - Encuesta Likert 1–5 para Integración (TS, FB, COM, COL), aplicada a Día N y al Cierre.
2. **Recursos tecnológicos**
    - Herramienta de gestión (p. ej., Jira u otra equivalente) o, como mínimo, un tablero con estados y puntos en cualquier herramienta incluso Excel.
    - Plantilla Excel estandarizada para consolidación y cálculo en función de los pesos estándar si aún no tienen pesos propios en el equipo.

- Software estadístico para validación: SPSS (u opción equivalente) y/o scripts reproducibles en Python para auditoría de resultados.

3. **Recursos humanos (roles mínimos)**
    - Scrum Master / facilitador para coordinar cortes Día N y Cierre.
    - Product Owner (o responsable de alcance) para confirmar añadidos/retirados y consistencia del objetivo del Sprint.
    - Equipo de desarrollo para completar encuesta de Integración.
4. **Recursos de tiempo (carga operativa realista)**
    - Captura de estados (automática si existe herramienta).
    - Encuesta de Integración: breve (pocos ítems) en Día N y en Cierre.
    - Consolidación y cálculo
5. **Recursos metodológicos (gobernanza del indicador)**
    - Definición de "ventana" para recalibración (σ y pesos por bloque), con trazabilidad documentada.
    - Registro de reglas de excepción: por ejemplo, tratamiento de rendimientos altos y control de valores extremos (cuando existan sobreestimaciones de puntos o ajustes de alcance).

Cumplimiento de requisitos de la propuesta de transformación

Pertinencia. La propuesta responde a una necesidad real, ya que en entornos Scrum suele existir información fragmentada (velocidad, cumplimiento, percepción del equipo) sin un mecanismo integrado que permita evaluar el avance de forma simultánea en rendimiento e integración, y menos aún en dos momentos (Día N y Cierre), por lo cual el índice sintético diseñado cubre ese vacío al traducir señales operativas y sociales del Sprint a un resultado único, interpretable y accionable así podemos ver que la utilidad operativa se evidencia en las distribuciones del índice en la **Figura 12 Histograma del Índice Sintético al Día N** y **Figura 6** Histograma del Índice Sintético al Cierre, y en su comparación directa en la **Figura 13 Comparación del IS: día N vs cierre**, que muestran que el índice captura el progreso del Sprint de manera consistente.

Validez. La propuesta cumple su función por dos vías complementarias:

- Validez conceptual, al fundamentarse en indicadores compatibles con la lógica de Scrum (rendimiento por entrega y dimensión de integración del equipo).
- Validez metodológica, sustentada por el control de calidad estadístico temprano (Bartlett significativo, KMO ≥ 0,60 y α ≥ 0,70 en Integración), lo que respalda que la estructura de correlaciones es aprovechable y que la agregación no es arbitraria, adicionalmente, el uso de DP2 introduce una penalización explícita por redundancia, evitando que variables altamente correlacionadas dominen la medida final, esto se nota con la **Figura 15 Dispersión IR vs II al cierre**, donde se observa que el modelo mantiene información estructural y permite distinguir perfiles, y con la **Figura 14 Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint)**, que evidencia capacidad de discriminar diferencias reales entre equipos y Sprints.

Factibilidad. La propuesta es viable de aplicar, ya que los datos requeridos provienen de prácticas habituales (tablero/backlog y capacidad) y de una encuesta corta, así el cálculo puede automatizarse con una plantilla, reduciendo la carga operativa y haciendo posible su incorporación en ciclos reales de Sprint sin afectar significativamente el trabajo del equipo.

Aplicabilidad. La propuesta es utilizable por terceros debido a que:

- Define indicadores con fórmulas explícitas,
- Fija criterios de control de calidad y umbrales interpretables
- Genera productos replicables (tablas, parámetros DP2, índice final Día N y Cierre).

  Esto permite que otras organizaciones adopten el esquema sin depender del investigador, siempre que respeten las reglas de medición y la trazabilidad metodológica, de forma particular, la **Figura 14 Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint** constituye una salida de alto valor para equipos y organizaciones, porque permite lectura comparativa inmediata sin exigir dominio técnico avanzado.

Generalización. El modelo puede extenderse a contextos semejantes (equipos Scrum en proyectos de software) porque se apoya en variables disponibles en casi cualquier implementación Scrum, sin embargo, la generalización responsable exige recalibración

contextual (por ejemplo, ventanas históricas para σ y pesos), de modo que el índice conserve comparabilidad y no transfiera parámetros de forma acrítica entre realidades organizacionales distintas. Las representaciones gráficas del comportamiento del IS en la **Figura 12 Histograma del Índice Sintético al Día N**, **Figura 6 Histograma del Índice Sintético al Cierre** y **Figura 13 Comparación del IS: día N vs cierre** apoyan esta generalización, al mostrar estabilidad del índice como variable sintética.

Novedad y originalidad. La contribución de la investigación, se expresa en la combinación estructurada de una medición dual (Día N y Cierre) para control y resultado, la integración explícita de rendimiento e integración en un único índice, el uso de DP2 con control temprano de calidad para reducir redundancia y aportar rigor a la agregación, de esta manera se convierte un conjunto de métricas dispersas en un instrumento de evaluación integral del Sprint, con trazabilidad metodológica y potencial de estandarización, la evidencia de esta estructura se observa en la **Figura 15 Dispersión IR vs II al cierre** y en la lectura temporal comparativa mostrada en **Figura 14 Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint)**.

En el estado inicial del problema, la medición del avance en proyectos Scrum se encontraba dispersa entre métricas operativas y percepciones del equipo, lo que dificultaba obtener una lectura integrada y comparable del Sprint, posteriormente, en la investigación, la aplicación de la propuesta en la muestra seleccionada (equipo por cada sprint) permitió transformar esa condición, es decir el índice sintético resultante entregó una medición única y consistente del avance, validada estadísticamente mediante un control temprano de calidad (Bartlett/KMO/α y diagnósticos de colinealidad) y operacionalmente útil al diferenciar el comportamiento del equipo en Día N frente al Cierre, en consecuencia, la propuesta no solo describe el desempeño, sino que habilita un mecanismo práctico para el seguimiento y la toma de decisiones: al identificar tempranamente niveles de avance inferiores a los esperados, facilita intervenciones correctivas durante el Sprint y, al cierre, consolida una evaluación final que integra rendimiento e integración con criterios replicables y bajo este contexto, el problema de medición fragmentada se reduce sustancialmente y se establece una ruta instrumental clara para el monitoreo y mejora continua del trabajo Scrum en el contexto territorial estudiado.

5 CONCLUSIONES

El presente estudio cumplió el objetivo general de **diseñar un modelo de índice sintético** para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con Scrum, integrando de manera coherente dos dimensiones complementarias del desempeño de un equipo: **rendimiento** (Velocidad y Velocidad por capacidad de Puntos VCP) e **integración** (Satisfacción, Retroalimentación, Efectividad de la Comunicación y Colaboración), por lo cual se puede indicar que la construcción del índice permitió disponer de una medida única, interpretable y comparable, capaz de sintetizar el comportamiento del Sprint tanto en un momento intermedio (**Día N**) como al **Cierre**, aportando una herramienta cuantitativa para seguimiento y evaluación del avance.

En relación con el primer objetivo específico, el cual es determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos, se puede concluir que la investigación logró establecer una base teórica consistente y articulada para sustentar el diseño del modelo propuesto, a partir de la revisión documental se determinó que Scrum aporta el marco conceptual para comprender el avance del Sprint como un proceso de inspección, adaptación y entrega incremental de valor, mientras que la teoría de indicadores permitió definir criterios de construcción, homogeneidad de sentido, comparabilidad e interpretabilidad de las variables seleccionadas, adicionalmente, el estudio de la teoría especializada sobre índices sintéticos permitió justificar que la agregación de indicadores no debía resolverse mediante promedios simples ni ponderaciones arbitrarias, sino a través de un procedimiento capaz de controlar redundancias y preservar la contribución específica de cada indicador, en este sentido, la fundamentación teórica no solo sirvió como antecedente conceptual, sino como soporte estructural para definir que la propuesta más adecuada para el problema investigado era un modelo de índice sintético, ya que lo que se requería no era únicamente un conjunto de pasos metodológicos, sino una representación integrada de la relación entre rendimiento e integración como dimensiones explicativas del avance del Sprint.

En relación con el segundo objetivo específico, que es identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025, se estableció un conjunto de **seis indicadores generales**

con sentido homogéneo (“más es mejor”) y escala común, lo que facilitó su integración posterior, los 6 indicadores fueron el producto de una revisión teórica que elimino varios indicadores iniciales planteados en la investigación, en este contexto, los indicadores de integración se operacionalizaron con instrumentos tipo Likert y se transformaron a porcentaje, permitiendo que variables de naturaleza perceptual se incorporen al modelo de forma compatible con los indicadores operativos de rendimiento, este proceso fortaleció la consistencia conceptual del modelo, al reconocer que el avance en Scrum no se explica únicamente por resultados de entrega, sino también por la calidad de interacción y coordinación interna del equipo.

Respecto al tercer objetivo específico, que es diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante, se concluye que la investigación logró construir un modelo funcional, coherente y metodológicamente defendible, al estructurar el índice en dos componentes principales, Rendimiento e Integración, ambos expresados en una escala común de 0 a 100, lo cual permitió integrar indicadores operativos y perceptuales dentro de una misma lógica analítica, la adopción del método DP2 permitió que la agregación no dependiera de ponderaciones subjetivas, sino de la contribución de información única de cada indicador dentro del sistema, reduciendo el efecto de redundancias lineales mediante la penalización asociada al coeficiente de determinación múltiple, además, la operacionalización del modelo incorporó criterios previos de calidad estadística, así como una lógica de estandarización basada en el logro desde cero respecto a la desviación típica, lo que fortaleció la trazabilidad y estabilidad del índice, por tanto, se concluye que el diseño del modelo permitió representar de forma estructurada el avance del Sprint como un fenómeno bidimensional y no redundante, donde la entrega efectiva y la dinámica interna del equipo se integran en una sola medida sintética con sustento teórico, metodológico y empírico.

En cuanto al tercer objetivo específico, que es evaluar el modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance durante los Sprints en el periodo 2023–2025, el modelo fue evaluado con una base de 124 observaciones en 30 equipos en diferentes sprint de cada equipo y en dos instancias temporales, para los cual la comprobación estadística de la hipótesis se realizó mediante la comparación pareada al día N (**IS_DíaN) versus al Cierre (IS_Cierre)**, con lo que se evidencio un incremento sistemático del

índice desde el Día N al cierre del Sprint, con diferencia media positiva y significancia estadística robusta ($p < 0,001$), además de un tamaño de efecto alto, con lo cual se puede indicar que estos hallazgos permiten concluir que el índice **captura el avance del Sprint** y discrimina de forma consistente el progreso temporal, cumpliendo la finalidad de reflejar el estado del Sprint durante su ejecución y su resultado consolidado al cierre, esto se puede observar en los resultados obtenidos al realizar la comparación de Índice Sintético en diferentes momentos, al Cierre y al Día N por cada equipo en cada Sprint.

Se evidencia una relación **positiva y aproximadamente lineal** entre la **mejora del componente de Rendimiento (IR)** y la **mejora del Índice Sintético (IS)**, en la práctica, a medida que los equipos incrementan su desempeño operativo (mayor cumplimiento de puntos y/o mejor relación entre puntos logrados y capacidad), el índice global incrementa de forma consistente, sin patrones erráticos, este comportamiento es coherente con la lógica del modelo propuesto, en tanto el IS debe reflejar el **avance del Sprint** como resultado integrado del rendimiento y la integración, en este gráfico se observa también que la codificación por color asociada a la **mejora del componente de Integración (II)** muestra un efecto modulador: para valores similares de mejora en el Componente de Rendimiento (IR), los casos con mayor mejora en el Componente de Integración (II) tienden a ubicarse en niveles superiores de IS, por lo cual se puede indicar que sugiere que la integración (Indicadores generales: satisfacción, retroalimentación, comunicación y colaboración) no se comporta como un elemento decorativo del modelo, sino como un **factor que amplifica y estabiliza** el avance reflejado por el índice y lo cual implica que el componente de Integración permite mantener **un resultado sostenido** en los diferentes Sprints del proyecto y del equipo, lo cual ratifica que no solo el rendimiento es crucial para el éxito del proyecto sino que **la medida conjunta del índice a través de los componentes de Rendimiento e Integración permite obtener mejores resultados a mediano y largo plazo**, en términos de interpretación, el modelo discrimina entre equipos que mejoran únicamente su entrega (IR) y aquellos que mejoran simultáneamente la entrega y la dinámica interna (II), otorgando a estos últimos mejores resultados globales, con lo cual se respalda la hipótesis de investigación en el sentido de que el modelo de índice sintético **genera una medida válida** para establecer el avance por Sprint así el IS responde de manera sensible y consistente ante variaciones del rendimiento y al mismo tiempo reconoce el aporte incremental de la integración.

6 RECOMENDACIONES

La investigación realizada buscaba generar un cambio en la praxis profesional, incluyendo un esquema nuevo que permita a los equipos de desarrollo de software establecer un punto de revisión de los trabajos que están efectuando en el intermedio del Sprint así como la revisión de los Sprints que van desarrollando, de esta manera la utilidad no solo se basó en la solidez de los hallazgos estadísticos que se plasmaron en este documento sino en enriquecer el acervo científico llevado a la práctica mediante un instrumento que decodifica los resultados de rendimiento e integración de los equipos, lo cual se llevó a cabo con un rigor metodológico profundo, con validez de información temprana mediante estadística, comprobaciones con varios métodos, añadiendo conocimiento y generando aplicabilidad operativa sobre la teoría del marco de trabajo Scrum, por lo cual se puede incluir las siguientes recomendaciones:

Desde el punto de vista metodológico

La investigación desarrollada para el Índice Sintético desde el punto de vista metodológico, en futuras investigaciones podría tomar en cuenta una investigación mixta que parta desde los indicadores generales de Integración sin generar un valor numérico entre 0-100 además de tomar en cuenta entrevistas con el personal del equipo de trabajo, permitiendo aun mantener un control de calidad previo de la data y cambiando la comprobación de la hipótesis de la prueba de t de Student pareada a una comprobación por chi cuadrado, esta varianza en el proceso debería mantener los resultas y las conclusiones intactas y serviría como medio de comprobación de todo el estudio realizado, siendo un estudio fácil de realizar al tener el esquema propuesto en esta investigación.

La definición de pesos de acuerdo a valores estadísticos que se ofrece a los componentes del índice sintético, aunque pudiera ser modificados para asignar valores iguales a cada componente, no debería cambiar la tendencia de los resultados para cada Equipo en cada Sprint, siendo esta consideración otra posibilidad de validar el estudio realizado tomando en cuenta que los datos por cada equipo en cada sprint variarían, pero no su tendencia.

Desde el punto de vista académico

Esta investigación abre líneas de profundización en la comprensión de la agilidad en desarrollo de software como un fenómeno sistémico, que si está abierto a una respuesta al cambio sobre seguir un plan, no quita se pueda medir rendimientos y tratar de establecer rendimientos e integración del equipo en el Sprint, por lo cual se recomienda a futuros investigadores aplicar este modelo en organizaciones con distintos niveles de madurez ágil, ya que se estima resultaría de alto valor académico contrastar si los pesos de integración (y) aumentan o disminuyen conforme los equipos alcanzan niveles superiores de autogestión, todo esto basándose en que la integración permitirá al equipo manejar Sprints sostenibles de avance.

Para nuevos estudios, se sugiere explorar la relación del Índice Sintético con variables externas que no fueron objeto de este estudio, tales como la rotación de personal (attrition) para identificar patrones del abandono de los empleados en un periodo específico que se ate la integración del empleado en los trabajos de los Sprint del proyecto, así como variables como la experiencia técnica promedio del equipo (Seniority Mix) y la estabilidad del Product Backlog. Esto permitiría transformar el índice de una herramienta descriptiva a un modelo predictivo de éxito en el producto.

Finalmente, se recomienda que, dado que la tecnología y las dinámicas de trabajo remoto evolucionan, se revise periódicamente los ítems de las encuestas de integración para asegurar que reflejen los desafíos contemporáneos de la colaboración digital.

Desde el punto de vista practico

Para que el Índice Sintético genere valor en el desarrollo del software en proyectos con Scrum debe integrarse de manera orgánica en los eventos de Scrum, así:

- **Sprint Planning:** Se debe definir la fecha exacta del corte "Día N" y validar la capacidad declarada contra la histórica para asegurar datos de entrada limpios, es importante destacar que el mejor tiempo podría estar a la mitad del Sprint, ya que muy temprano no permitirá tener datos viables y muy tarde va a coincidir con el cálculo al cierre perdiendo los beneficios del índice al tener un valor temprano y reestructurar en caso de ser necesario.

- **Daily Scrum:** Se debe utilizar el avance visual del tablero como insumo para actualizar la proyección de velocidad, reduciendo sesgos de última hora, si se usa el avance del Sprint Backlog (por estados de requerimientos o historias de usuario) como insumo natural para calcular Velocidad y VCP**.**

- **Sprint Review:** Presentar el **IS al Cierre** junto con los resultados funcionales del incremento, de forma que el índice complemente el análisis del valor entregado.

- **Sprint Retrospective:** Es el momento crítico para el bloque de Integración, si el IS muestra un rendimiento alto pero una integración baja, la retrospectiva debe enfocarse exclusivamente en resolver fricciones relacionales, evitando el desgaste del equipo.

El Análisis de **la brecha (IS al Cierre – IS al Día N)** como indicador de estabilidad del proceso.es recomendado para los equipos ya que este monitoreo permitirá definir brechas y consecuentemente determinar si la planificación inicial fue poco realista o posibles variaciones del nivel de trabajo, estas brechas sistemáticas permitirán justificar ajustes de prácticas Scrum el refinamiento, slicing de historias (Determinación de épicas) o políticas de definición de “Done”.

Desde una perspectiva práctica, los datos que arrojen el IS en el Día N, deberán ser tomado como un semáforo del proyecto, de tipo de alerta temprana que permitirá tomar acciones remediales si el caso lo amerita, en este sentido se recomienda enfáticamente que el IS sea presentado como un **indicador de gestión y mejora**, nunca como una herramienta punitiva o de evaluación de desempeño individual, se estima que la manipulación de los datos por miedo a represalias es el mayor riesgo para la integridad del modelo.

Con lo antes mencionado y basado en el postulado que los equipos de desarrollo de software son transversales a todo tipo de industrias, las organizaciones que adopten el Índice Sintético como un estándar para medir la salud de sus proyectos ágiles, deberán enfocarse en la información que entregue sobre **el rendimiento técnico tomando en cuenta que la integración del equipo** permitirá manejar rendimientos sostenidos en varios Sprint para bien del proyecto y de la organización, con lo cual, también se puede indicar que al monitorear la brecha entre el Día N y el Cierre, y al respetar el peso mayoritario que los datos otorgan a la cohesión del equipo, los

líderes de ingeniería podrán transitar de una gestión basada en la presión por la entrega hacia una gestión basada en la predictibilidad y la sostenibilidad humana.

7 BIBLIOGRAFÍA

Alejandro, D., & Matiz, S. (2009). *Teoría de Indicadores de Gestión y su aplicación práctica.* https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24145w/TeoriaIndicadoresPracticaS2.pdf

Álvarez Fernández, G. (2025). *Mejoras metodológicas para la construcción de indicadores compuestos* [Universidad Pontificia Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)]. https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/88352/TFM%20-%20Alvarez%20Fernandez%2c%20Gustavo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Amaro, S., & Valverde, J. (2007). *Metodologías Agiles* [Universidad Nacional de Trujillo]. https://www.academia.edu/33131058/Universidad_Nacional_de_Trujillo

Arias, B., & Alvear, O. (2022). Análisis del resultado de la implementación de SCRUM, LEAN Y BSC en el proceso de desarrollo de software en la industria del Retail. *Revista Perspectivas*, *4*(1), Article 1. https://doi.org/10.47187/perspectivas.4.1.116

Asamblea, C. (2006, diciembre 28). *Ley de Propiedad Intelectual*. https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/Ley-de-Propiedad-Intelectual.pdf

Asamblea, C. (2008, octubre 20). *Constitución de la República del Ecuador*. Constitución de la República del Ecuador.

Barcelos Bica, D. A., & Silva, C. A. G. da. (2020). Learning Process of Agile Scrum Methodology With Lego Blocks in Interactive Academic Games: Viewpoint of Students. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, *15*(2), 95–104. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje. https://doi.org/10.1109/RITA.2020.2987721

Beynon-Davies, P., Carne, C., Mackay, H., & Tudhope, D. (1999). Rapid application development (RAD): An empirical review. *European Journal of Information Systems*, *8*. https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000325

Boehm, W. W. (1976). Software Engineering. *International Social Work*, *19*(1), 1–2. https://doi.org/10.1177/002087287601900102

Cadavid, A. N. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Prospectiva*, *11*(2), 30. https://doi.org/10.15665/rp.v11i2.36

Cattell, R. B. (1966). *The Scree Test For The Number Of Factors: Multivariate Behavioral Research: Vol 1, No 2. 1(2)*, 245–276.

CC BY 4.0 Código legal | Atribución 4.0 Internacional | Creative Commons. (s.f.). https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es

CC BY 4.0 Deed | Atribución 4.0 Internacional | Creative Commons. (s.f.). https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es

Cevallos Mayorga, K. Y. (2020). *ESTUDIO DE LA SOSTENIBILIDAD TURÍSTICA USANDO INDICADORES SINTÉTICOS EN EL PARQUE HISTÓRICO DE GUAYAQUIL-ECUADOR*. http://repositorio.sangregorio.edu.ec:8080/handle/123456789/1984

Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, Legislation No. 899 (2016). https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/12/CODIGO-ORGANICO-DE-LA-ECONOMIA-SOCIAL-DE-LOS-CONOCIMIENTOS.pdf

Cogollo Oyola, J. R. (2013). Análisis, Propuesta y Representación de indicadores en proyectos agiles con SCRUM. *Cuaderno activa*, *5*, 11–21.

El éxito en tiempos de disrupción. (2018, septiembre 1). https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018.pdf?sc_lang_temp=es-ES

Flores Mancheno, A. C., Maldonado-Erazo, C. P., Verdugo Bernal, C. M., & Soto Chicaiza, D. J. (2021). Índice sintético de cultura: Una herramienta de gestión pública para el desarrollo turístico de los territorios. *Dominio de las Ciencias*, *7*(3), 1334–1352.

García, P., Peral, B., Lozano, G., Casas, G., Oyola, L., & Camacho, R. (2008). *Análisis, diseño y comparación de indicadores sintéticos*. *16*(1).

Gerardo J. Bauce, Miguel A. Córdova, & Ana V. Avila. (2018). *Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"*. *49*(2), 125.

Gurrea, M. (2000). *Análisis de componentes principales*. Proyecto e-Math financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD).

Hirotaka Takeuchi, & Ikujiro Nonaka. (1986, enero 1). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*. https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game

Hirotaka Takeuchi & Ikujiro Nonaka. (2004). *Hitotsubashi on Knowledge Management* (1a ed., Vol. 1). John Wiley & Sons.

IBM SPSS Statistics. (2025, enero 15). *Prueba de Wilcoxon de una muestra*. https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/30.0.0?topic=tests-one-sample-wilcoxon-test

IEEE Software Engineering Standard: Glossary of Software Engineering Terminology. (1990). *IEEE Std 729 -1993*, 1–84. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1990.101064

Ignacio, C., & Paola, V. (2015). *Metodologías actuales de desarrollo de software*. (2015).

ILX Group. (2023). *¿Why should I study PRINCE2? | EE.UU*. https://www.prince2.com/usa/why-should-i-study-prince2

INEC. (2022, diciembre). Censo 2023 Data y Resultados. *INEC*. https://www.censoecuador.gob.ec/data-y-resultados/

International Organization for Standardization [ISO]. (2021). *ISO 21500:2021, Project, programme and portfolio management—Context and concepts*. https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:21500:ed-2:v1:en

Kaiser, H. F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, *23*, 187–200. https://doi.org/10.1007/BF02289233

Kent Beck. (1999). *Extreme Programming Explained* (1a ed.). Addison-Wesley Profesional.

Kerzner, H. (2018). *Project management best practices: Achieving global excellence* (Fourth Edition). Wiley.

Kwak, Y.-H., Anbari, F. T., & Carayannis, E. G. (2005). *The story of managing projects: An interdisciplinary approach* (1 online resource (xiv, 373 pages) : illustrations). Praeger Publishers Westport, Conn. WorldCat.

Ley Orgánica De Protección De Datos Personales, No. 459 (2021). https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-08/Ley-Org%C3%A1nica-Protecci%C3%B3n-Datos-Personales.pdf

Liou, S.-M., Lo, S.-L., & Wang, S.-H. (2004). A Generalized Water Quality Index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, *96*(1), 35–52. https://doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031715.83752.a1

Lucero Chamaza, C. I., & Espín Trujillo, V. O. (2022). *Desarrollo de sistema web y aplicación móvil para consultar la ubicación de las clínicas veterinarias en la ciudad de Quito* [bachelorThesis, Quito, 2022]. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22160

Maida, E. G., & Pacienzia, J. (2015). *Metodologías de desarrollo de software*. https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/522

Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software. (2001, febrero). https://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto.html

Martin, J. (1991). *Rapid application development*. Macmillan Pub. Co. ; Collier Macmillan Canada ; Maxwell Macmillan International.

Martínez, R. G. (2006). *Manual de Tesis*. Editorial Mexicana.

Mazurkiewicz, I. (2018). La gestión de proyectos en la pequeña y mediana empresa desde una perspectiva epistemológica. *Negotium: revista de ciencias gerenciales*, *14*(40), 64–76.

Mclver, M. A., & Flynn, I. (1976). *Sistemas Operativos* (6 Edición). Cengage Learning.

Mondéjar-Jiménez, J., & Vargas-Vargas, M. (2008). Indicadores sintéticos: Una revisión de los métodos de agregación. *Economía, sociedad y territorio*, *8*(27), 565–585.

Montero Fernández-Vivancos, G. (2016). *Diseño de Indicadores para la gestión de proyectos*. https://doi.org/10.35376/10324/22086

Montes Guerra, M. I., Gimena Ramos, F. N., & Díez Silva, H. M. (2013). Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos. *Revista de Tecnología*, *12*(2), 11–23.

Moreno, A., & Gálvez, T. (2023). *Aspectos Metodológicos de los indicadores sintéticos de Industria y Energía*. 173,174,175,176.

OECD. (2023). *Glosario de términos clave en evaluación y gestión basada en resultados para el desarrollo durable (Segunda edición)*. https://doi.org/10.1787/632da462-en-fr-es

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2015). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. *Naciones Unidas Cepal*, 127.

Otero Iglesias, J., Barrios Osuna, I., & Artiles Visbal, L. (2004). Reflexiones en torno a la definición de Proyecto. *Educación MÃ\copyrightdica Superior*, *18*, 1–1.

Oyola, J. R. C. (2013). Análisis, Propuesta y Representación de indicadores en proyectos agiles con SCRUM. *Cuaderno activa*, *5*, 11–21.

Páez Sánchez, L. V. (2021). *Diseño de indicadores para la gestión de proyectos innovadores en una caja de compensación familiar de Colombia* [Master Thesis, Maestría en Innovación]. https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10986

Pantaleo, G., & Rinaudo, L. (2015). *Ingeniería de Software*. Alpha Editorial.

Poveda Bautista, R., García Melón, M., & González Cruz, M. del C. (2008). *Propuesta de una metodología de ayuda a la decisión para los procesos de dirección y gestión de proyectos [Recurso electrónico-CD-ROM]*. Editorial UPV.

Presidencia de la República del Ecuador. (2023, noviembre 5). *Reglamento De La Ley Orgánica De Protección De Datos Personales*. https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2023/12/REGLAMENTO-GENERAL-A-LA-LEY-ORG%C3%81NICA-DE-PROTECCION-DE-DATOS-PERSONALES_compressed-1.pdf

PRINCE2. (2016, septiembre 19). *The 7 principles, themes and processes of PRINCE2 EUR*. https://www.prince2.com/eur/blog/the-7-principles-themes-and-processes-of-prince2

PRINCE2. (2019, agosto 23). *Diferencia entre un proyecto y un programa PRINCE2 UK*. https://www.prince2.com/uk/blog/project-vs-programme

Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*.

Project Management Institute (Ed.). (2019). *The standard for earned value management*. Project Management Institute, Inc.

Project Management Institute (Ed.). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) and the standard for projekt management* (Seventh Edition). Project Management Institute, Inc.

Project Management Institute. (s.f.). *History of Project Management Institute | PMI*. https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/history-of-pmi

Puentes Neira, A., & Guevara Romero, C. A. (2015). *Indicadores de Desempeño en la Gestión de Proyectos, un Análisis del Estado del Arte Basado en las Publicaciones Científicas Actuales*. http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2915

Ramírez, V. M., Vázquez, A. G., Morales, G. S. C., & Xicoténcatl, J. G. A. (2021). EL IMPACTO DE LA METODOLOGÍA ÁGIL SCRUM IMPLEMENTADO EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE EMPRESARIAL. *REVISTA IPSUMTEC*, *4*(2), 49–56.

Real Academia Española. (2020, junio 25). *Contexto | Diccionario de la lengua española (2001)*. «Diccionario esencial de la lengua española». https://www.rae.es/drae2001/contexto

Real Academia Española. (s.f.a). *Gestionar | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. https://dle.rae.es/gestionar

Real Academia Española. (s.f.b). *Metodología | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. https://dle.rae.es/metodología

Reframing Project Success | PMI Blog. (2024, septiembre 18). https://www.pmi.org/blog/reframing-project-success

Rivadeneira, G. (2013). Metodologías ágiles enfocadas al modelado de requerimientos. *Informe Científico Técnico UNPA*, *5*(1), 1–29.

Rodríguez Esguerra, A. S., Barbosa Ramirez, S. Y., & Chaparro Sanchez, Z. P. (2019). *Diseño y construcción de indicadores de gestión para la medición del desempeño de proyectos desarrollados bajo los principios de los marcos de referencia ágiles*. http://repository.unad.edu.co/handle/10596/30781

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación—Sexta Edición*.

Sánchez Aviña, J. G. (2006). *El Proceso de la investigación de tesis, un enfoque contextual*. Universidad Iberoamericana-Puebla Puebla, Pue. WorldCat.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020, noviembre). *2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf*. The 2020 Scrum GuideTM. https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf

Serrano, D. (2011). *2. Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos*. *11*, 41–70.

Serrano, M. D., Peral, F. J. B., Casas, F. M. G., & Lozano, M. G. (2011). Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, *11*, 41–70.

Terán-Ávila, D. L. (2021). Proyectos de desarrollo de software y su potencial para subvención de capital semilla, Ecuador. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria). ISSN : 2588-090X . Polo de*

Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP), *6*(3), 286–309. https://doi.org/10.23857/fipcaec.v6i3.400

Turner, J. R. (2014). *Gower handbook of project management* (Fifth edition). Gower.

Verdezoto Bósquez, R. M. (2019). *PROPUESTA DE INDICADORES CLAVES PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS BASADOS EN METODOLOGÍA SCRUM UTILIZANDO PROCESOS DE ETL*. [bachelorThesis, Quito]. http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1999

Vicente Mohino, J. de, Bermejo-Higuera, J., Bermejo Higuera, J. R., & Sicilia, J. A. (2019). *The application of a new secure software development life cycle (S-SDLC) with agile methodologies*. https://doi.org/10.3390/electronics8111218

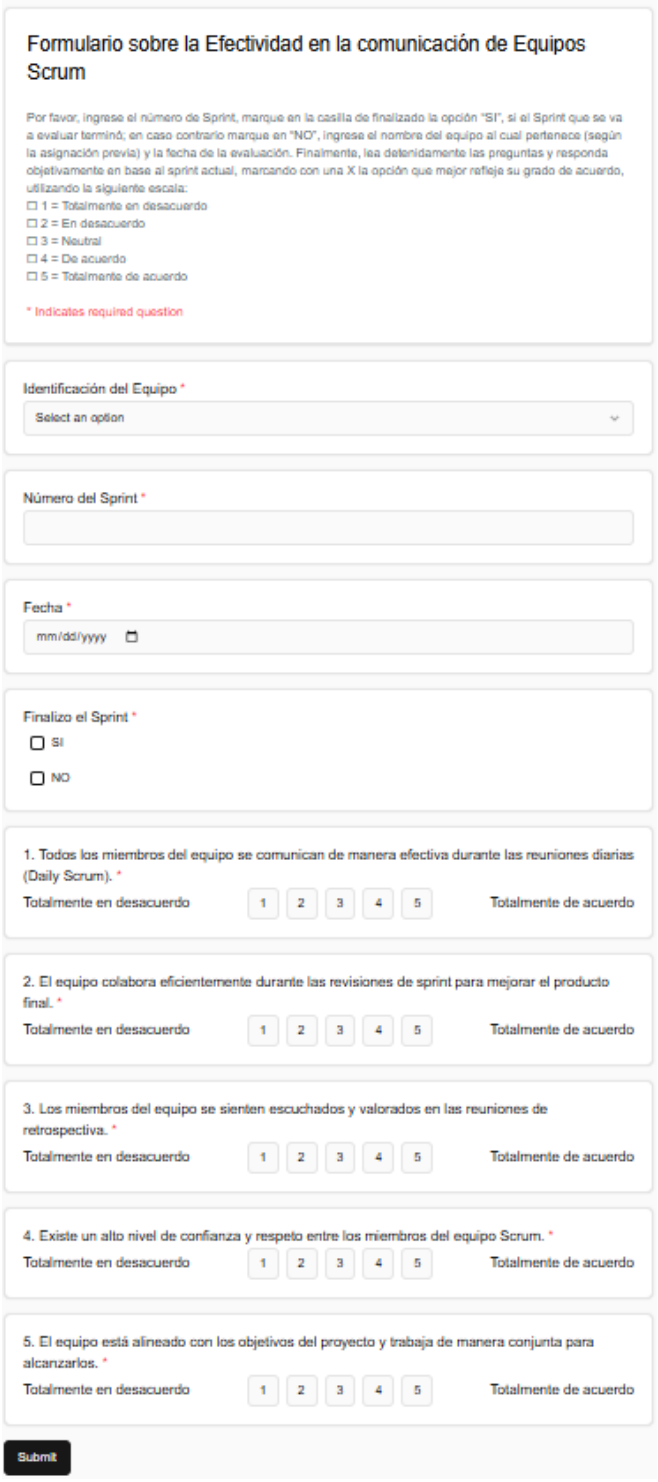
Zelkowitz, M. V. (1978). Perspectives in Software Engineering. *ACM Computing Surveys*, *10*(2), 197.

8 ANEXOS

8.1 Anexo A: Formulario de efectividad en la comunicación.

Figura 16.

Vista del Formulario de Efectividad en la comunicación.



Formulario sobre la Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción "SI", si el Sprint que se va a evaluar terminó; en caso contrario marque en "NO", ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleja su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala:

☐ 1 = Totalmente en desacuerdo
☐ 2 = En desacuerdo
☐ 3 = Neutral
☐ 4 = De acuerdo
☐ 5 = Totalmente de acuerdo

* Indicates required question

Identificación del Equipo *
Select an option

Número del Sprint *

Fecha *
mm/dd/yyyy

Finalizo el Sprint *
☐ SI
☐ NO

1. Todos los miembros del equipo se comunican de manera efectiva durante las reuniones diarias (Daily Scrum). *
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

2. El equipo colabora eficientemente durante las revisiones de sprint para mejorar el producto final. *
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

3. Los miembros del equipo se sienten escuchados y valorados en las reuniones de retrospectiva. *
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

4. Existe un alto nivel de confianza y respeto entre los miembros del equipo Scrum. *
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

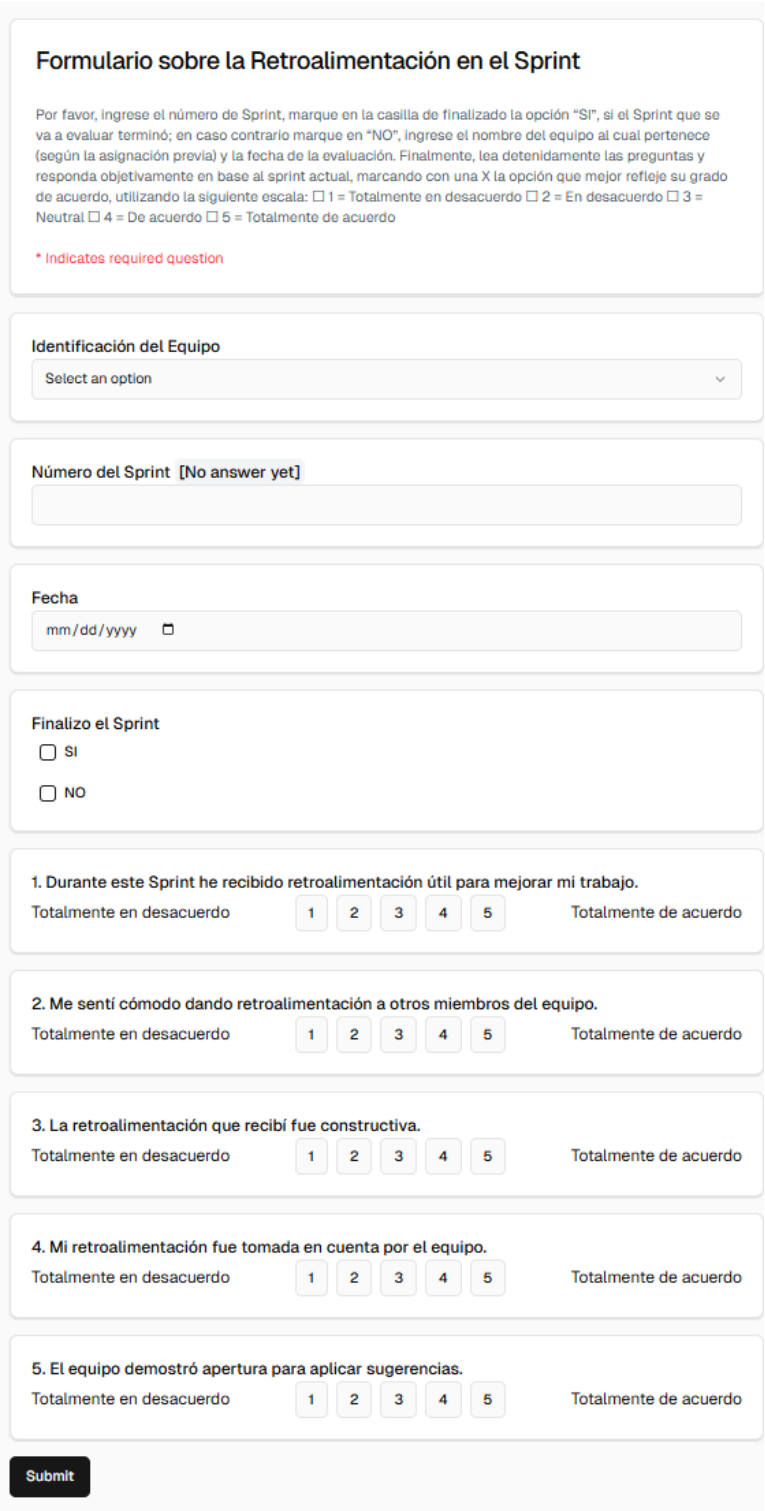
5. El equipo está alineado con los objetivos del proyecto y trabaja de manera conjunta para alcanzarlos. *
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

Submit

8.2 Anexo B: Formulario de retroalimentación del Equipo

Figura 17.

Vista del Formulario de Retroalimentación del Equipo.



Formulario sobre la Retroalimentación en el Sprint

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción "SI", si el Sprint que se va a evaluar terminó; en caso contrario marque en "NO", ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala: ☐ 1 = Totalmente en desacuerdo ☐ 2 = En desacuerdo ☐ 3 = Neutral ☐ 4 = De acuerdo ☐ 5 = Totalmente de acuerdo

* Indicates required question

Identificación del Equipo

Select an option

Número del Sprint [No answer yet]

Fecha

mm/dd/yyyy

Finalizo el Sprint

☐ SI

☐ NO

1. Durante este Sprint he recibido retroalimentación útil para mejorar mi trabajo.

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

2. Me sentí cómodo dando retroalimentación a otros miembros del equipo.

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

3. La retroalimentación que recibí fue constructiva.

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

4. Mi retroalimentación fue tomada en cuenta por el equipo.

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

5. El equipo demostró apertura para aplicar sugerencias.

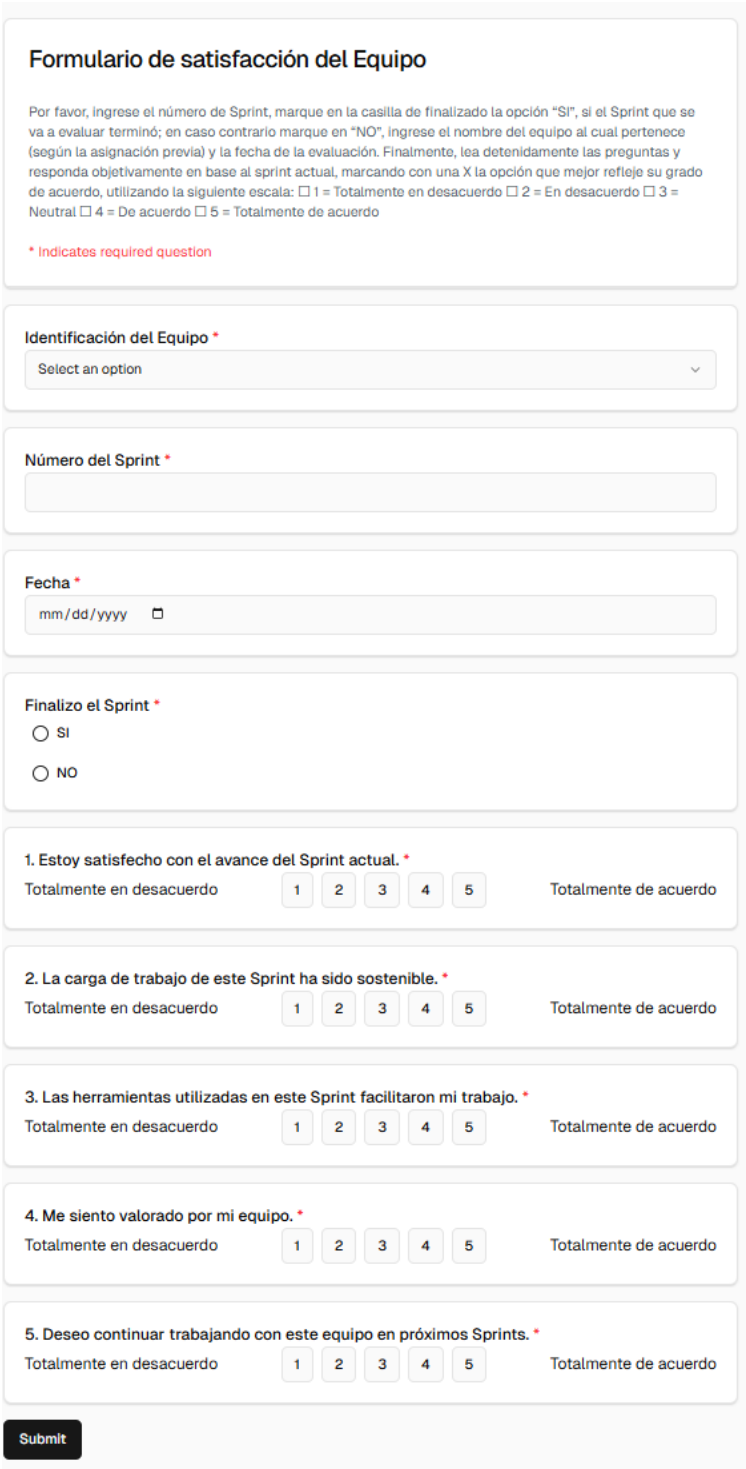
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

Submit

8.3 Anexo C: Formulario de satisfacción del Equipo

Figura 18.

Vista del Formulario de Satisfacción del Equipo.



Formulario de satisfacción del Equipo

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción "SI", si el Sprint que se va a evaluar terminó; en caso contrario marque en "NO", ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala: ☐ 1 = Totalmente en desacuerdo ☐ 2 = En desacuerdo ☐ 3 = Neutral ☐ 4 = De acuerdo ☐ 5 = Totalmente de acuerdo

* Indicates required question

Identificación del Equipo *

Select an option

Número del Sprint *

Fecha *

mm/dd/yyyy

Finalizo el Sprint *

SI

NO

1. Estoy satisfecho con el avance del Sprint actual. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

2. La carga de trabajo de este Sprint ha sido sostenible. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

3. Las herramientas utilizadas en este Sprint facilitaron mi trabajo. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

4. Me siento valorado por mi equipo. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

5. Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints. *

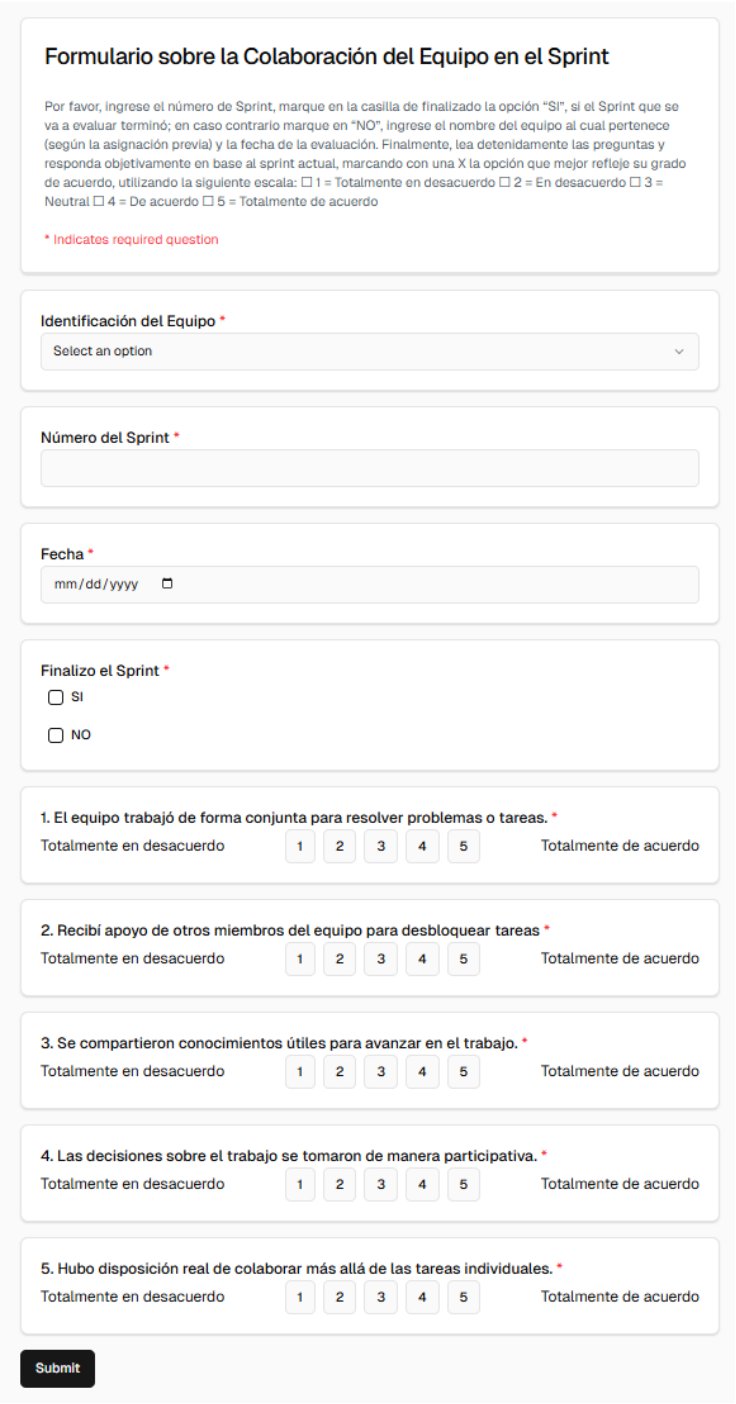
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

Submit

8.4 Anexo D: Formulario de Colaboración del Equipo

Figura 19.

Vista del Formulario de Colaboración del Equipo.



Formulario sobre la Colaboración del Equipo en el Sprint

Por favor, ingrese el número de Sprint, marque en la casilla de finalizado la opción "SI", si el Sprint que se va a evaluar terminó; en caso contrario marque en "NO", ingrese el nombre del equipo al cual pertenece (según la asignación previa) y la fecha de la evaluación. Finalmente, lea detenidamente las preguntas y responda objetivamente en base al sprint actual, marcando con una X la opción que mejor refleje su grado de acuerdo, utilizando la siguiente escala: ☐ 1 = Totalmente en desacuerdo ☐ 2 = En desacuerdo ☐ 3 = Neutral ☐ 4 = De acuerdo ☐ 5 = Totalmente de acuerdo

* Indicates required question

Identificación del Equipo *

Select an option

Número del Sprint *

Fecha *

mm/dd/yyyy

Finalizo el Sprint *

☐ SI

☐ NO

1. El equipo trabajó de forma conjunta para resolver problemas o tareas. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

2. Recibí apoyo de otros miembros del equipo para desbloquear tareas *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

3. Se compartieron conocimientos útiles para avanzar en el trabajo. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

4. Las decisiones sobre el trabajo se tomaron de manera participativa. *

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

5. Hubo disposición real de colaborar más allá de las tareas individuales. *

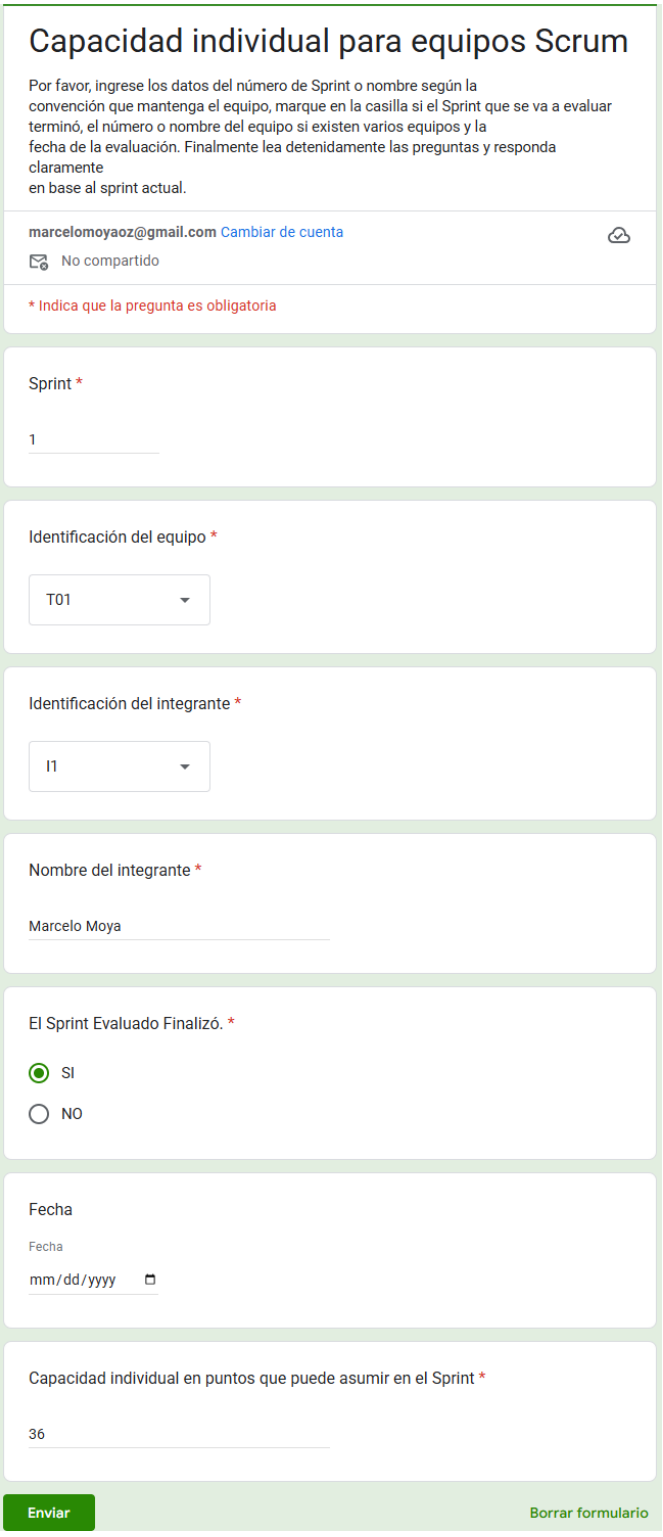
Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

Submit

8.5 Anexo E: Formulario de Capacidad Individual

Figura 20.

Vista del Formulario de Capacidad Individual.



Capacidad individual para equipos Scrum

Por favor, ingrese los datos del número de Sprint o nombre según la convención que mantenga el equipo, marque en la casilla si el Sprint que se va a evaluar terminó, el número o nombre del equipo si existen varios equipos y la fecha de la evaluación. Finalmente lea detenidamente las preguntas y responda claramente en base al sprint actual.

marcelomoyaoz@gmail.com Cambiar de cuenta

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Sprint *

1

Identificación del equipo *

T01

Identificación del integrante *

I1

Nombre del integrante *

Marcelo Moya

El Sprint Evaluado Finalizó. *

SI

NO

Fecha

Fecha

mm/dd/yyyy

Capacidad individual en puntos que puede asumir en el Sprint *

36

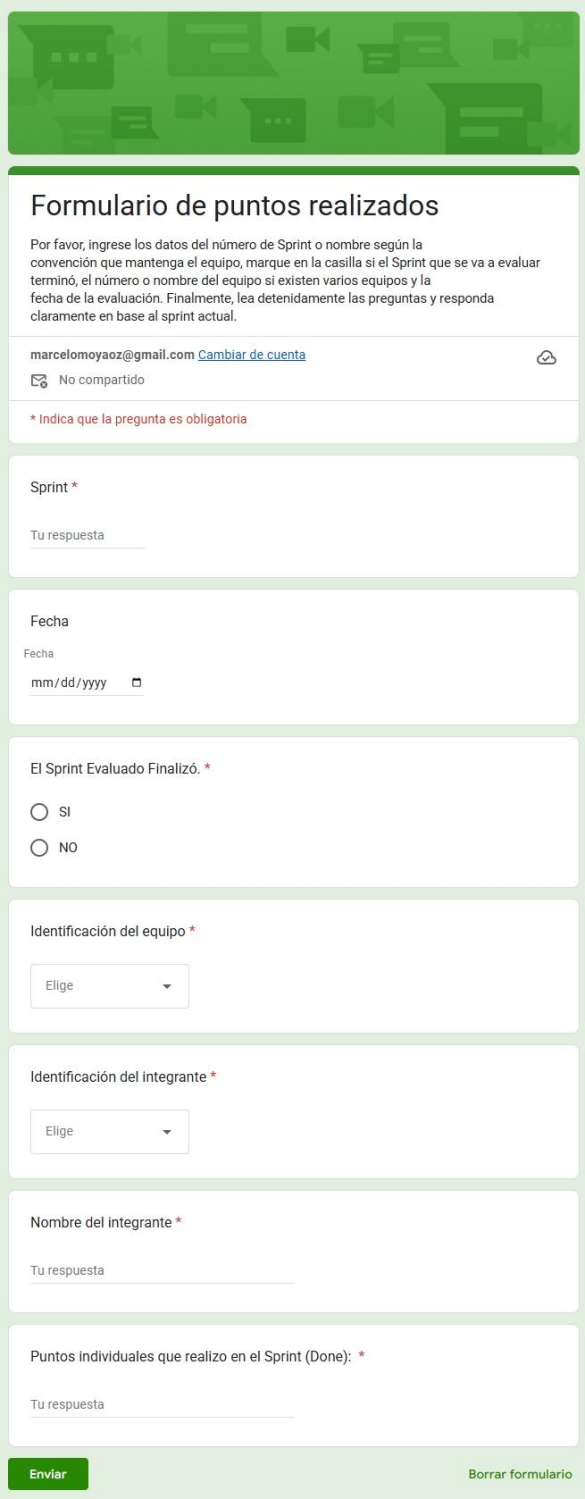
Enviar

Borrar formulario

8.6 Anexo F: Formulario de Puntos Realizados.

Figura 21.

Vista del Formulario de Puntos Realizados.



8.7 Anexo G: NDA

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD (NDA)

Entre: [RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA], con RUC [●] y domicilio en [●], legalmente representada por [NOMBRE DEL DELEGADO], en calidad de delegado del gerente general (en adelante, la "**Empresa**") y **Jorge Marcelo Moya Andrade**, portador de cédula de identidad No. 1713462578, con domicilio en Quito, Valle de los chillos, calle Simón Bolívar (en adelante, el "**Investigador**"). Conjuntamente, las "**Partes**".

ANTECEDENTES

Las Partes desean colaborar en el levantamiento, acceso, tratamiento y análisis de datos generados en los procesos de desarrollo ágil (sprints) de la Empresa, con fines de investigación académica y/o de mejora de procesos internos. Con ocasión de dicha colaboración, el Investigador tendrá acceso a información confidencial y/o sensible de la Empresa y de sus equipos de trabajo.

1. DEFINICIONES

1.1. "Información Confidencial": toda información, dato o material, en cualquier formato (oral, escrito, digital, gráfico, audiovisual u otro), revelado directa o indirectamente por la Empresa al Investigador, antes o después de la firma del presente acuerdo, incluyendo de manera enunciativa mas no limitativa: identidad de la Empresa, marcas o signos distintivos, nombre del proyecto, objetivos, alcance, backlog, historias de usuario, métricas, tableros (p. ej., Jira, Trello), velocidad, capacidad, estimaciones, artefactos y reportes de sprints, así como nombres, cargos, roles, correos, números de identificación, números de integrantes del equipo, estructura organizacional, procesos, políticas, know-how, documentación técnica, código, arquitectura, credenciales, datos personales o cualquier otra información a la que el Investigador tenga acceso durante el levantamiento en los diferentes sprints.

1.2. No se considerará Información Confidencial aquella que:

(i) Sea o devenga de dominio público sin incumplimiento del presente acuerdo

(ii) Ya obré legítimamente en poder del Investigador antes de su revelación por la Empresa

(iii) Sea divulgada por un tercero sin deber de confidencialidad

(iv) Deba ser revelada por mandato legal o de autoridad competente, caso en el cual el Investigador notificará previamente a la Empresa, cuando sea legalmente posible.

2. OBJETO Y ALCANCE

El Investigador se obliga a utilizar la Información Confidencial única y exclusivamente para los fines de investigación definidos por las Partes, relacionados con el análisis de sprints, sin que ello implique transferencia o licencia alguna de derechos de propiedad intelectual o industrial.

3. OBLIGACIONES DE CONFIDENCIALIDAD

3.1. No divulgará, comunicará, publicará ni pondrá a disposición de terceros la Información Confidencial, incluyendo, sin limitación, la identidad de la Empresa, el nombre del proyecto o cualquier dato recabado o al que se tenga acceso (p. ej., nombres del personal, datos de integrantes, número de integrantes del equipo, roles, métricas, artefactos, resultados, etc.).

3.2. No reproducirá la Información Confidencial salvo lo estrictamente necesario para los fines del acuerdo, manteniendo medidas de seguridad técnicas y organizativas apropiadas para evitar accesos no autorizados, pérdida o alteración.

3.3. Anonimizará y agregará los datos para cualquier reporte, publicación o documento académico, de modo que en ningún caso se identifique directa o indirectamente a la Empresa, al proyecto o a personas naturales. Cualquier publicación deberá omitir referencias, logos o detalles que permitan la identificación.

3.4. Restringirá el acceso a la Información Confidencial únicamente al propio Investigador o a asistentes previamente autorizados por escrito por la Empresa, quienes quedarán sujetos a obligaciones de confidencialidad equivalentes.

3.5. Notificará de inmediato a la Empresa cualquier acceso, uso o divulgación no autorizada de la Información Confidencial, y cooperará en la mitigación de sus efectos.

4. TRATAMIENTO, DEVOLUCIÓN Y/O DESTRUCCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Dentro de los dos cientos (200) días hábiles siguientes a la terminación del vínculo o a requerimiento escrito de la Empresa, el Investigador devolverá o destruirá toda la Información Confidencial y sus copias, respaldos o derivados, certificando por escrito dicha devolución o destrucción, salvo que una retención limitada sea exigida por la normativa aplicable. Las obligaciones de confidencialidad subsistirán conforme a la cláusula 6.

5. PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES

El Investigador declara conocer y cumplir la normativa ecuatoriana vigente en materia de protección de datos personales, incluida la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, y se obliga a tratar cualquier dato personal al que acceda conforme a los principios de licitud, finalidad, minimización, seguridad y confidencialidad, aplicando técnicas de seudonimización y anonimización cuando corresponda.

6. VIGENCIA Y SUPERVIVENCIA

El presente acuerdo entra en vigor en la fecha de su firma y tendrá una vigencia de 1 año, no obstante, las obligaciones de confidencialidad y uso restringido subsistirán por un periodo adicional de cinco (5) años contados desde la última revelación de Información Confidencial, o por el mayor término permitido por la ley.

7. PROPIEDAD INTELECTUAL

Toda la Información Confidencial es y seguirá siendo de titularidad de la Empresa, ninguna disposición del presente acuerdo se interpretará como concesión, licencia o cesión de derechos sobre la Información Confidencial. Los resultados académicos generados por el Investigador (p. ej., tesis, artículos) excluirán toda referencia que permita identificar a la Empresa, al proyecto o a su personal.

8. INCUMPLIMIENTO Y MEDIDAS

El incumplimiento de las obligaciones aquí establecidas facultará a la Empresa a exigir el cese inmediato de la conducta, las indemnizaciones de daños y perjuicios que correspondan, y la adopción de medidas cautelares o de urgencia para proteger la confidencialidad. Las Partes reconocen que el daño derivado de una divulgación indebida puede ser irreparable, por lo que procede la tutela cautelar sin necesidad de caución.

9. LEY APLICABLE Y RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Este acuerdo se rige e interpreta conforme a las leyes de la República del Ecuador, cualquier controversia derivada de la interpretación, ejecución o validez del presente acuerdo será sometida a arbitraje en derecho, administrado por el Centro de Arbitraje y Mediación de la Cámara de Comercio de Quito (CAM-CCQ), de conformidad con su Reglamento.

El tribunal arbitral estará integrado por un (1) árbitro si la cuantía es menor a 5000 USD, o por tres (3) árbitros si es igual o superior a dicho monto, el lugar del arbitraje será Quito, idioma español. Sin perjuicio de lo anterior, la Empresa podrá solicitar medidas cautelares ante jueces competentes, sin que ello implique renuncia al arbitraje.

10. DISPOSICIONES FINALES

10.1. Integridad: este acuerdo constituye el entendimiento total entre las Partes respecto de su objeto y reemplaza comunicaciones previas.

10.2. Modificaciones: cualquier modificación deberá constar por escrito y estar firmada por ambas Partes.

10.3. Cesión: el Investigador no podrá ceder sus derechos u obligaciones sin autorización previa y escrita de la Empresa.

10.4. Notificaciones: se dirigirán a los domicilios señalados en el encabezado, por escrito o correo electrónico con acuse de recibido.

En constancia, las Partes firman este acuerdo en 2 ejemplares de un mismo tenor, en la ciudad de Quito, a [●] de [●] de 2025.

Por la Empresa	Por el Investigador
_____ [NOMBRE DEL DELEGADO] Delegado del Gerente General C.I.: [●]	_____ Marcelo Moya C.I.: 1713462578
Firma y sello	Firma

8.8 Anexo H: Tabla de Sprints por Equipo.

Tabla 44.
Tabla de Sprints por equipo

Equipo ID	Sprint No	Duración Días	Fecha Inicio	Fecha Cierre	Corte Día N
T01	1	28	2025-03-14	2025-04-10	2025-03-28
T01	2	22	2025-04-11	2025-05-02	2025-04-20
T01	3	15	2025-05-03	2025-05-17	2025-05-10
T02	1	21	2025-03-15	2025-04-04	2025-03-24
T02	2	22	2025-04-05	2025-04-26	2025-04-14
T02	3	28	2025-04-27	2025-05-24	2025-05-11
T02	4	15	2025-05-25	2025-06-08	2025-06-01
T02	5	28	2025-06-09	2025-07-06	2025-06-23
T03	1	15	2025-03-02	2025-03-16	2025-03-09
T03	2	28	2025-03-17	2025-04-13	2025-03-31
T03	3	30	2025-04-14	2025-05-13	2025-04-28
T03	4	15	2025-05-14	2025-05-28	2025-05-21
T03	5	21	2025-05-29	2025-06-18	2025-06-07
T04	1	28	2025-04-06	2025-05-03	2025-04-20
T04	2	15	2025-05-04	2025-05-18	2025-05-11
T04	3	28	2025-05-19	2025-06-15	2025-06-02
T04	4	15	2025-06-16	2025-06-30	2025-06-23
T05	1	28	2025-02-24	2025-03-23	2025-03-10
T05	2	30	2025-03-24	2025-04-22	2025-04-07
T05	3	22	2025-04-23	2025-05-14	2025-05-02
T05	4	22	2025-05-15	2025-06-05	2025-05-24
T05	5	15	2025-06-06	2025-06-20	2025-06-13

T06	1	15	2025-02-27	2025-03-13	2025-03-06
T06	2	30	2025-03-14	2025-04-12	2025-03-28
T06	3	21	2025-04-13	2025-05-03	2025-04-22
T06	4	28	2025-05-04	2025-05-31	2025-05-18
T07	1	22	2025-03-10	2025-03-31	2025-03-19
T07	2	21	2025-04-01	2025-04-21	2025-04-10
T07	3	21	2025-04-22	2025-05-12	2025-05-01
T07	4	21	2025-05-13	2025-06-02	2025-05-22
T08	1	22	2025-03-02	2025-03-23	2025-03-11
T08	2	15	2025-03-24	2025-04-07	2025-03-31
T08	3	30	2025-04-08	2025-05-07	2025-04-22
T08	4	15	2025-05-08	2025-05-22	2025-05-15
T08	5	21	2025-05-23	2025-06-12	2025-06-01
T09	1	22	2025-04-26	2025-05-17	2025-05-05
T09	2	30	2025-05-18	2025-06-16	2025-06-01
T09	3	22	2025-06-17	2025-07-08	2025-06-26
T10	1	21	2025-03-19	2025-04-08	2025-03-28
T10	2	30	2025-04-09	2025-05-08	2025-04-23
T10	3	22	2025-05-09	2025-05-30	2025-05-18
T10	4	15	2025-05-31	2025-06-14	2025-06-07
T10	5	21	2025-06-15	2025-07-05	2025-06-24
T11	1	15	2025-03-07	2025-03-21	2025-03-14
T11	2	21	2025-03-22	2025-04-11	2025-03-31
T11	3	30	2025-04-12	2025-05-11	2025-04-26
T11	4	28	2025-05-12	2025-06-08	2025-05-26
T11	5	21	2025-06-09	2025-06-29	2025-06-18
T12	1	21	2025-03-12	2025-04-01	2025-03-21
T12	2	22	2025-04-02	2025-04-23	2025-04-11
T12	3	22	2025-04-24	2025-05-15	2025-05-03
T12	4	30	2025-05-16	2025-06-14	2025-05-30
T13	1	22	2025-03-14	2025-04-04	2025-03-23
T13	2	30	2025-04-05	2025-05-04	2025-04-19
T13	3	28	2025-05-05	2025-06-01	2025-05-19
T13	4	28	2025-06-02	2025-06-29	2025-06-16
T14	1	22	2025-02-28	2025-03-21	2025-03-09
T14	2	15	2025-03-22	2025-04-05	2025-03-29
T14	3	30	2025-04-06	2025-05-05	2025-04-20
T14	4	30	2025-05-06	2025-06-04	2025-05-20
T14	5	30	2025-06-05	2025-07-04	2025-06-19
T15	1	21	2025-03-19	2025-04-08	2025-03-28
T15	2	30	2025-04-09	2025-05-08	2025-04-23
T15	3	21	2025-05-09	2025-05-29	2025-05-18
T15	4	21	2025-05-30	2025-06-19	2025-06-08

T16	1	30	2025-03-08	2025-04-06	2025-03-22
T16	2	15	2025-04-07	2025-04-21	2025-04-14
T16	3	28	2025-04-22	2025-05-19	2025-05-06
T16	4	22	2025-05-20	2025-06-10	2025-05-29
T16	5	21	2025-06-11	2025-07-01	2025-06-20
T17	1	30	2025-05-02	2025-05-31	2025-05-16
T17	2	22	2025-06-01	2025-06-22	2025-06-10
T17	3	15	2025-06-23	2025-07-07	2025-06-30
T18	1	21	2025-03-20	2025-04-09	2025-03-29
T18	2	30	2025-04-10	2025-05-09	2025-04-24
T18	3	28	2025-05-10	2025-06-06	2025-05-24
T18	4	28	2025-06-07	2025-07-04	2025-06-21
T19	1	15	2025-03-05	2025-03-19	2025-03-12
T19	2	28	2025-03-20	2025-04-16	2025-04-03
T19	3	28	2025-04-17	2025-05-14	2025-05-01
T19	4	22	2025-05-15	2025-06-05	2025-05-24
T19	5	30	2025-06-06	2025-07-05	2025-06-20
T20	1	15	2025-03-03	2025-03-17	2025-03-10
T20	2	21	2025-03-18	2025-04-07	2025-03-27
T20	3	22	2025-04-08	2025-04-29	2025-04-17
T20	4	28	2025-04-30	2025-05-27	2025-05-14
T20	5	28	2025-05-28	2025-06-24	2025-06-11
T21	1	15	2025-03-23	2025-04-06	2025-03-30
T21	2	21	2025-04-07	2025-04-27	2025-04-16
T21	3	30	2025-04-28	2025-05-27	2025-05-12
T21	4	30	2025-05-28	2025-06-26	2025-06-11
T22	1	30	2025-03-15	2025-04-13	2025-03-29
T22	2	30	2025-04-14	2025-05-13	2025-04-28
T22	3	15	2025-05-14	2025-05-28	2025-05-21
T22	4	28	2025-05-29	2025-06-25	2025-06-12
T23	1	22	2025-04-01	2025-04-22	2025-04-10
T23	2	28	2025-04-23	2025-05-20	2025-05-07
T23	3	28	2025-05-21	2025-06-17	2025-06-04
T24	1	15	2025-05-04	2025-05-18	2025-05-11
T24	2	30	2025-05-19	2025-06-17	2025-06-02
T24	3	21	2025-06-18	2025-07-08	2025-06-27
T25	1	28	2025-03-23	2025-04-19	2025-04-06
T25	2	22	2025-04-20	2025-05-11	2025-04-29
T25	3	30	2025-05-12	2025-06-10	2025-05-26
T25	4	22	2025-06-11	2025-07-02	2025-06-20
T26	1	30	2025-03-05	2025-04-03	2025-03-19
T26	2	30	2025-04-04	2025-05-03	2025-04-18
T26	3	15	2025-05-04	2025-05-18	2025-05-11

T26	4	22	2025-05-19	2025-06-09	2025-05-28
T26	5	22	2025-06-10	2025-07-01	2025-06-19
T27	1	15	2025-03-27	2025-04-10	2025-04-03
T27	2	30	2025-04-11	2025-05-10	2025-04-25
T27	3	15	2025-05-11	2025-05-25	2025-05-18
T27	4	15	2025-05-26	2025-06-09	2025-06-02
T28	1	15	2025-04-19	2025-05-03	2025-04-26
T28	2	28	2025-05-04	2025-05-31	2025-05-18
T28	3	15	2025-06-01	2025-06-15	2025-06-08
T28	4	21	2025-06-16	2025-07-06	2025-06-25
T29	1	21	2025-02-26	2025-03-18	2025-03-07
T29	2	30	2025-03-19	2025-04-17	2025-04-02
T29	3	28	2025-04-18	2025-05-15	2025-05-02
T30	1	28	2025-03-06	2025-04-02	2025-03-20
T30	2	28	2025-04-03	2025-04-30	2025-04-17
T30	3	22	2025-05-01	2025-05-22	2025-05-10

Nota. La recolección de información de los Sprint se basó en los Scrum Planning

8.9 Anexo I: Capacidad de cada equipo por Sprint.

Tabla 45.
Capacidad de cada equipo por Sprint

ID Equipo	Sprint	Capacidad en Puntos
T01	1	294
T01	2	230
T01	3	156
T02	1	167
T02	2	160
T02	3	215
T02	4	109
T02	5	212
T03	1	175
T03	2	333
T03	3	348
T03	4	182
T03	5	250
T04	1	358
T04	2	203
T04	3	360
T04	4	196
T05	1	180
T05	2	186

T05	3	161
T05	4	163
T05	5	111
T06	1	164
T06	2	297
T06	3	223
T06	4	280
T07	1	190
T07	2	180
T07	3	188
T07	4	181
T08	1	278
T08	2	199
T08	3	364
T08	4	189
T08	5	264
T09	1	179
T09	2	238
T09	3	187
T10	1	233
T10	2	301
T10	3	237
T10	4	163
T10	5	229
T11	1	147
T11	2	202
T11	3	284
T11	4	263
T11	5	205
T12	1	267
T12	2	273
T12	3	283
T12	4	365
T13	1	319
T13	2	381
T13	3	370
T13	4	367
T14	1	298
T14	2	211
T14	3	373
T14	4	366
T14	5	369
T15	1	130

T15	2	176
T15	3	126
T15	4	127
T16	1	369
T16	2	207
T16	3	356
T16	4	300
T16	5	285
T17	1	370
T17	2	299
T17	3	210
T18	1	285
T18	2	370
T18	3	361
T18	4	359
T19	1	188
T19	2	342
T19	3	333
T19	4	277
T19	5	352
T20	1	165
T20	2	220
T20	3	241
T20	4	300
T20	5	300
T21	1	107
T21	2	153
T21	3	192
T21	4	191
T22	1	240
T22	2	241
T22	3	126
T22	4	227
T23	1	266
T23	2	337
T23	3	343
T24	1	197
T24	2	364
T24	3	274
T25	1	292
T25	2	225
T25	3	297
T25	4	226

T26	1	362
T26	2	362
T26	3	213
T26	4	293
T26	5	301
T27	1	137
T27	2	247
T27	3	136
T27	4	136
T28	1	142
T28	2	246
T28	3	138
T28	4	200
T29	1	135
T29	2	179
T29	3	182
T30	1	358
T30	2	358
T30	3	294

8.10 Anexo J: Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint

Tabla 46.

Indicadores de Integración por Equipo en cada Sprint

ID Equipo	Sprint	COLABORACIÓN	COMUNICACIÓN	RETROALIMENTACIÓN	SATISFACCIÓN
T01	1	59	62	64	57
T01	2	61,25	56,25	56,25	52,5
T01	3	75	77,5	77,5	80
T02	1	56,25	56,25	65	57,5
T02	2	66,67	65	65	70
T02	3	68,33	65	70	61,67
T02	4	65	70	63,33	63,33
T02	5	73,75	68,75	75	76,25
T03	1	58,33	58,33	58,33	60
T03	2	71,67	70	75	69,17
T03	3	62,5	63,75	57,5	63,75
T03	4	60	61,25	61,25	61,25
T03	5	68,75	61,25	63,75	65
T04	1	75	81,25	78,75	77,5
T04	2	61,67	65	65,83	59,17
T04	3	68,75	68,75	80	67,5
T04	4	73	69	74	72

T05	1	73,33	70	76,67	78,33
T05	2	61,67	63,33	63,33	65
T05	3	81,67	76,67	78,33	78,33
T05	4	76,67	75	68,33	65
T05	5	55	65	55	66,67
T06	1	61,67	63,33	71,67	65
T06	2	72,5	73,75	71,25	76,25
T06	3	82	86	77	74
T06	4	73,75	76,25	77,5	77,5
T07	1	71,67	65	73,33	63,33
T07	2	63,75	71,25	70	67,5
T07	3	71,67	71,67	76,67	71,67
T07	4	56,67	65	66,67	56,67
T08	1	63,33	71,67	70	68,33
T08	2	73,33	72,5	75	70,83
T08	3	64	64	60	69
T08	4	67,5	69,17	70	66,67
T08	5	74	71	71	76
T09	1	63,75	67,5	65	62,5
T09	2	70	72,5	75	77,5
T09	3	55	65	65	70
T10	1	74	73	77	76
T10	2	68,33	76,67	76,67	61,67
T10	3	73,33	65	63,33	60
T10	4	75	71,67	83,33	73,33
T10	5	66,67	61,67	65	66,67
T11	1	75	78,33	71,67	78,33
T11	2	70	70	66,67	75
T11	3	80	76,67	76,67	80
T11	4	77,5	80	82,5	76,25
T11	5	68,75	72,5	62,5	68,75
T12	1	60	56,67	65	66,67
T12	2	60	65	66,67	56,67
T12	3	68,75	63,75	63,75	65
T12	4	60	69	61	65
T13	1	76,67	80	71,67	71,67
T13	2	66	64	62	64
T13	3	66,67	60	66,67	65
T13	4	67	69	70	73
T14	1	59	60	59	64
T14	2	58,33	63,33	60	58,33
T14	3	77,5	84,17	83,33	78,33
T14	4	76	80	74	76

T14	5	76,67	75	80	76,67
T15	1	81,67	83,33	78,33	78,33
T15	2	70	65	68,33	61,67
T15	3	76,67	73,33	78,33	71,67
T15	4	56,67	55	63,33	61,67
T16	1	63,75	70	63,75	60
T16	2	67	66	64	65
T16	3	78,33	78,33	73,33	83,33
T16	4	77,5	75	79,17	79,17
T16	5	77,5	79,17	83,33	79,17
T17	1	66,67	61,67	65	70
T17	2	61,67	58,33	63,33	66,67
T17	3	55	61,67	63,33	58,33
T18	1	67,5	69,17	72,5	69,17
T18	2	80	78,33	78,33	76,67
T18	3	85	76,25	73,75	72,5
T18	4	72	73	77	67
T19	1	70	80	70	75
T19	2	75	69	73	72
T19	3	62,5	65	57,5	55
T19	4	71,67	69,17	70,83	75,83
T19	5	76,67	76,67	73,33	80
T20	1	62,5	70	68,75	65
T20	2	68	64	64	64
T20	3	66,67	75	66,67	71,67
T20	4	58	66	61	59
T20	5	81,67	73,33	78,33	75
T21	1	68,33	70	70	75
T21	2	76,67	73,33	76,67	78,33
T21	3	70	70	70	73,33
T21	4	73,33	76,67	78,33	73,33
T22	1	81,25	82,5	78,75	81,25
T22	2	80	78,75	81,25	80
T22	3	65	63,75	66,25	61,25
T22	4	68,75	73,75	63,75	68,75
T23	1	71	72	75	62
T23	2	67,5	67,5	65	66,25
T23	3	68,33	63,33	60	61,67
T24	1	62,5	68,33	65,83	61,67
T24	2	71	78	73	76
T24	3	65	73	62	64
T25	1	71,25	73,75	71,25	67,5
T25	2	75	77,5	80	77,5

T25	3	83,33	70	75	75
T25	4	55	68,33	63,33	66,67
T26	1	71,25	67,5	75	73,75
T26	2	52,5	58,75	55	58,75
T26	3	58,33	63,33	66,67	68,33
T26	4	76,25	75	81,25	81,25
T26	5	67,5	60	65	62,5
T27	1	63,75	63,75	63,75	66,25
T27	2	60	60	53,33	58,33
T27	3	67,5	60	70	66,25
T27	4	63,75	56,25	66,25	65
T28	1	78,33	73,33	68,33	73,33
T28	2	75	81,25	72,5	77,5
T28	3	60	65	61,67	65
T28	4	78,33	73,33	73,33	80
T29	1	70	68,33	70	73,33
T29	2	70	66,67	65	63,33
T29	3	80	80	73,33	80
T30	1	70	67	62	66
T30	2	77	72	74	70
T30	3	78,33	75	71,67	73,33

8.11 Anexo K: Código Python para la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N.

```
import pandas as pd
import numpy as np
from numpy.linalg import det, inv
from scipy.stats import chi2  # pip install scipy

# === CONFIGURACIÓN ===
# Ruta al archivo Excel (ajusta a tu ruta real)
file_path = r"C:\TeraBox\RCC\Proyectos\Doctorado\UIIX\DDP Elaboración de la
Tesis Doctoral G2-V1\Tesis MM\Data\Final\ArchivoSuplementarioV3.xlsx"

# Nombre de la hoja donde están los indicadores del Día N
sheet_name = "Indicadores_0_100"

# Variables que se usarán en R (Día N)
vars_R = [
    "Velocidad_DiaN_%",
    "VCP_DiaN_%",
    "TS_%",
```

```
    "FB_%",
    "COM_%",
    "COL_%"
]

# === 1. Cargar datos ===
df = pd.read_excel(file_path, sheet_name=sheet_name)
X = df[vars_R].dropna().astype(float)

n, p = X.shape
print(f"n (observaciones) = {n}")
print(f"p (variables)     = {p}")

# === 2. Matriz de correlaciones R ===
R = X.corr()
print("\nMatriz de correlaciones R (Día N):")
print(R)

# === 3. Determinante de R ===
det_R = det(R.to_numpy())
print(f"\nDeterminante de R = {det_R:.6f}")

if det_R <= 0:
    raise ValueError("El determinante de R es <= 0; "
                     "puede haber multicolinealidad extrema o problema
numérico.")

# === 4. Prueba de esfericidad de Bartlett ===
chi2_stat = -(n - 1 - (2 * p + 5) / 6) * np.log(det_R)
df_bartlett = p * (p - 1) / 2
p_value = 1 - chi2.cdf(chi2_stat, df_bartlett)

print("\nPrueba de esfericidad de Bartlett (Día N):")
print(f"χ² aproximado = {chi2_stat:.3f}")
print(f"gl            = {df_bartlett:.0f}")
print(f"p-valor       = {p_value:.6f}")

# === 5. KMO global ===
R_mat = R.to_numpy()
R_inv = inv(R_mat)

P = np.zeros_like(R_mat)
for i in range(p):
    for j in range(p):
        if i == j:
```

```
            P[i, j] = 0.0
        else:
            P[i, j] = -R_inv[i, j] / np.sqrt(R_inv[i, i] * R_inv[j, j])

r2 = R_mat ** 2
p2 = P ** 2
mask_offdiag = ~np.eye(p, dtype=bool)

sum_r2 = np.sum(r2[mask_offdiag])
sum_p2 = np.sum(p2[mask_offdiag])

KMO_global = sum_r2 / (sum_r2 + sum_p2)
print("\nÍndice KMO global (Día N):")
print(f"KMO = {KMO_global:.3f}")

# === 6. Alpha de Cronbach para Integración (TS, FB, COM, COL) ===
block_I = ["TS_%", "FB_%", "COM_%", "COL_%"]
X_int = X[block_I].to_numpy()

k = X_int.shape[1]
item_vars = X[block_I].var(ddof=1).to_numpy()
total_score = X_int.sum(axis=1)
total_var = total_score.var(ddof=1)

alpha = k / (k - 1) * (1 - item_vars.sum() / total_var)
print("\nAlpha de Cronbach (bloque Integración Día N: TS, FB, COM, COL):")
print(f"α = {alpha:.3f}")

# === 7. VIF y Tolerancia por indicador ===
vif_results = []

for j, var in enumerate(vars_R):
    y = X[var].values
    X_others = X.drop(columns=[var]).values

    # Matriz de diseño con intercepto
    X_design = np.column_stack([np.ones(X_others.shape[0]), X_others])

    beta, *_ = np.linalg.lstsq(X_design, y, rcond=None)
    y_hat = X_design @ beta

    ss_tot = np.sum((y - y.mean())**2)
    ss_res = np.sum((y - y_hat)**2)
    R2_j = 1 - ss_res / ss_tot
```

```
    vif_j = 1.0 / (1.0 - R2_j)
    tol_j = 1.0 / vif_j

    vif_results.append((var, R2_j, vif_j, tol_j))

print("\nVIF y Tolerancia por indicador (Día N):")
print("Indicador\tR^2\t\tVIF\t\tTolerancia")
for var, R2_j, vif_j, tol_j in vif_results:
    print(f"{var}\t{R2_j:0.3f}\t{vif_j:0.3f}\t{tol_j:0.3f}")

# Criterio:
# VIF <= 5 ⇒ aceptable; Tolerancia >= 0.2
```

8.12 Anexo L: Reporte de Validación SPSS la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N.

Figura L.1

Salidas de SPSS correspondientes a las pruebas de adecuación muestral (KMO y Bartlett) al Día N

Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,726
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	475,639
	gl	15
	Sig.	,000

Nota. Captura directa del software IBM SPSS Statistics 25.

Figura L.2

Salidas de SPSS correspondientes a la Matriz de correlaciones y la inversión al Día N

Correlaciones

		Velocidad_DiaN_%	VCP_DiaN_%	TS_%	FB_%	COM_%	COL_%
Velocidad_DiaN_%	Correlación de Pearson	1	,910**	,153	,068	,037	,179*
	Sig. (bilateral)		,000	,090	,454	,680	,047
	N	124	124	124	124	124	124
VCP_DiaN_%	Correlación de Pearson	,910**	1	,134	,056	,040	,162
	Sig. (bilateral)	,000		,139	,535	,660	,073
	N	124	124	124	124	124	124
TS_%	Correlación de Pearson	,153	,134	1	,692**	,638**	,680**
	Sig. (bilateral)	,090	,139		,000	,000	,000
	N	124	124	124	124	124	124
FB_%	Correlación de Pearson	,068	,056	,692**	1	,633**	,652**
	Sig. (bilateral)	,454	,535	,000		,000	,000
	N	124	124	124	124	124	124
COM_%	Correlación de Pearson	,037	,040	,638**	,633**	1	,651**
	Sig. (bilateral)	,680	,660	,000	,000		,000
	N	124	124	124	124	124	124
COL_%	Correlación de Pearson	,179*	,162	,680**	,652**	,651**	1
	Sig. (bilateral)	,047	,073	,000	,000	,000	
	N	124	124	124	124	124	124

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Nota. Captura directa del software IBM SPSS Statistics 25.

Figura L.3

Salidas de SPSS para el análisis de fiabilidad (Alfa de Cronbach)

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,885	4

Nota. Captura directa del software IBM SPSS Statistics 25.

8.13 Anexo M: Código Python para la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Dia N.

```
import pandas as pd
import numpy as np
```

```
from numpy.linalg import det, inv
from scipy.stats import chi2  # pip install scipy

# === CONFIGURACIÓN ===
# Ruta al archivo Excel (ajusta a tu ruta real)
file_path = r"C:\TeraBox\RCC\Proyectos\Doctorado\UIIX\DDP Elaboración de la
Tesis Doctoral G2-V1\Tesis MM\Data\Final\ArchivoSuplementarioV3.xlsx"

# Nombre de la hoja donde están los indicadores del Día N
sheet_name = "Indicadores_0_100_Cierre"

# Variables que se usarán en R (Día N)
vars_R = [
    "Velocidad_Cierre_%",
    "VCP_Cierre_%",
    "TS_%",
    "FB_%",
    "COM_%",
    "COL_%"
]

# === 1. Cargar datos ===
df = pd.read_excel(file_path, sheet_name=sheet_name)
X = df[vars_R].dropna().astype(float)

n, p = X.shape
print(f"n (observaciones) = {n}")
print(f"p (variables)     = {p}")

# === 2. Matriz de correlaciones R ===
R = X.corr()
print("\nMatriz de correlaciones R (Cierre):")
print(R)

# === 3. Determinante de R ===
det_R = det(R.to_numpy())
print(f"\nDeterminante de R = {det_R:.6f}")

if det_R <= 0:
    raise ValueError("El determinante de R es <= 0; "
                     "puede haber multicolinealidad extrema o problema
numérico.")

# === 4. Prueba de esfericidad de Bartlett ===
chi2_stat = -(n - 1 - (2 * p + 5) / 6) * np.log(det_R)
```

```
df_bartlett = p * (p - 1) / 2
p_value = 1 - chi2.cdf(chi2_stat, df_bartlett)

print("\nPrueba de esfericidad de Bartlett (Cierre):")
print(f"χ² aproximado = {chi2_stat:.3f}")
print(f"gl            = {df_bartlett:.0f}")
print(f"p-valor       = {p_value:.6f}")

# === 5. KMO global ===
R_mat = R.to_numpy()
R_inv = inv(R_mat)

P = np.zeros_like(R_mat)
for i in range(p):
    for j in range(p):
        if i == j:
            P[i, j] = 0.0
        else:
            P[i, j] = -R_inv[i, j] / np.sqrt(R_inv[i, i] * R_inv[j, j])

r2 = R_mat ** 2
p2 = P ** 2
mask_offdiag = ~np.eye(p, dtype=bool)

sum_r2 = np.sum(r2[mask_offdiag])
sum_p2 = np.sum(p2[mask_offdiag])

KMO_global = sum_r2 / (sum_r2 + sum_p2)
print("\nÍndice KMO global (Cierre):")
print(f"KMO = {KMO_global:.3f}")

# === 6. Alpha de Cronbach para Integración (TS, FB, COM, COL) ===
block_I = ["TS_%", "FB_%", "COM_%", "COL_%"]
X_int = X[block_I].to_numpy()
k = X_int.shape[1]
item_vars = X[block_I].var(ddof=1).to_numpy()
total_score = X_int.sum(axis=1)
total_var = total_score.var(ddof=1)
alpha = k / (k - 1) * (1 - item_vars.sum() / total_var)
print("\nAlpha de Cronbach (bloque Integración Día N: TS, FB, COM, COL):")
print(f"α = {alpha:.3f}")
# === 7. VIF y Tolerancia por indicador ===
vif_results = []

for j, var in enumerate(vars_R):
```

```
    y = X[var].values
    X_others = X.drop(columns=[var]).values
    # Matriz de diseño con intercepto
    X_design = np.column_stack([np.ones(X_others.shape[0]), X_others])
    beta, *_ = np.linalg.lstsq(X_design, y, rcond=None)
    y_hat = X_design @ beta
    ss_tot = np.sum((y - y.mean())**2)
    ss_res = np.sum((y - y_hat)**2)
    R2_j = 1 - ss_res / ss_tot
    vif_j = 1.0 / (1.0 - R2_j)
    tol_j = 1.0 / vif_j

    vif_results.append((var, R2_j, vif_j, tol_j))

print("\nVIF y Tolerancia por indicador (Cierre):")
print("Indicador\tR^2\t\tVIF\t\tTolerancia")
for var, R2_j, vif_j, tol_j in vif_results:
    print(f"{var}\t{R2_j:0.3f}\t{vif_j:0.3f}\t{tol_j:0.3f}")

# Criterio:
# VIF <= 5 ⇒ aceptable; Tolerancia >= 0.2
```

8.14 Anexo N: Reporte de Validación SPSS la validación de datos para control de calidad de datos temprano (KMO/Bartlett, VIF, α) al Cierre.

Figura N.1

Salidas de SPSS correspondientes a las pruebas de adecuación muestral (KMO y Bartlett) al Cierre

Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,760
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	554,758
	gl	15
	Sig.	,000

Nota. Captura directa del software IBM SPSS Statistics 25.

Figura N.2

Salidas de SPSS correspondientes a la Matriz de correlaciones y la inversión al Cierre

Matriz de correlaciones[a]

		Velocidad_Cierre_%	VCP_Cierre_%	TS_%	FB_%	COM_%	COL_%
Correlación	Velocidad_Cierre_%	1,000	,881	,011	,007	,004	-,036
	VCP_Cierre_%	,881	1,000	,010	,015	,021	-,018
	TS_%	,011	,010	1,000	,751	,753	,770
	FB_%	,007	,015	,751	1,000	,735	,781
	COM_%	,004	,021	,753	,735	1,000	,769
	COL_%	-,036	-,018	,770	,781	,769	1,000
Sig. (unilateral)	Velocidad_Cierre_%		,000	,450	,469	,481	,347
	VCP_Cierre_%	,000		,455	,434	,410	,423
	TS_%	,450	,455		,000	,000	,000
	FB_%	,469	,434	,000		,000	,000
	COM_%	,481	,410	,000	,000		,000
	COL_%	,347	,423	,000	,000	,000	

a. Determinante = ,010

Inversión de matriz de correlaciones

	Velocidad_Cierre_%	VCP_Cierre_%	TS_%	FB_%	COM_%	COL_%
Velocidad_Cierre_%	4,512	-3,972	-,210	-,057	,082	,234
VCP_Cierre_%	-3,972	4,500	,168	,004	-,134	-,092
TS_%	-,210	,168	3,169	-,884	-,949	-1,026
FB_%	-,057	,004	-,884	3,144	-,689	-1,247
COM_%	,082	-,134	-,949	-,689	3,049	-1,074
COL_%	,234	-,092	-1,026	-1,247	-1,074	3,596

Nota. Captura directa del software IBM SPSS Statistics 25.

Figura N.3

Salidas de SPSS para el análisis de fiabilidad (Alfa de Cronbach)

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,927	4

Nota. Captura directa del software IBM SPSS Statistics 25.

8.15 Anexo O: Código en Python para generar mapa de calor y Dispersión IR vs II al cierre al Cierre.

```
"""
Genera dos figuras para la tesis (momento: Cierre):

1) Dispersión: Relación entre IR (Rendimiento) e II (Integración) al cierre.
2) Mapa de calor: IS_Cierre por EquipoID × SprintNo.

Requisitos:
    pip install pandas openpyxl matplotlib

Uso:
    python generar_figuras_is_cierre.py --excel "ArchivoSuplementarioV3.xlsx" --
sheet "IS_Criterio_Cierre"

Notas:
- El script usa SOLO matplotlib (sin seaborn) para reproducir la estética de las
figuras del documento.
- Los valores faltantes (equipos sin Sprint 4/5, etc.) se muestran en blanco en
el mapa de calor.
"""

from __future__ import annotations

import argparse
from pathlib import Path

import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt


def _read_is_sheet(excel_path: Path, sheet: str) -> pd.DataFrame:
    df = pd.read_excel(excel_path, sheet_name=sheet, engine="openpyxl")
    # Normalización mínima de nombres esperados
    expected = {"EquipoID", "SprintNo"}
    if not expected.issubset(df.columns):
        raise ValueError(f"En la hoja '{sheet}' faltan columnas obligatorias:
{expected - set(df.columns)}")
    return df


def scatter_ir_ii_cierre(df: pd.DataFrame, out_png: Path) -> None:
    """
    Dispersión: IR_DP2_Cierre (x) vs II_DP2_Cierre (y).
```

```
    """
    for col in ("IR_DP2_Cierre", "II_DP2_Cierre"):
        if col not in df.columns:
            raise ValueError(f"Falta la columna '{col}' para el scatter.")

    x = df["IR_DP2_Cierre"].astype(float)
    y = df["II_DP2_Cierre"].astype(float)

    # Tamaño 12.8×9.6 @100dpi = 1280×960 (coincide con las imágenes generadas)
    plt.figure(figsize=(12.8, 9.6), dpi=100)
    plt.scatter(x, y, s=120)  # puntos grandes como en tu figura

    plt.title("Relación entre Rendimiento e Integración (Cierre)", fontsize=22)
    plt.xlabel("IR (Rendimiento)", fontsize=18)
    plt.ylabel("II (Integración)", fontsize=18)

    plt.tight_layout()
    plt.savefig(out_png, dpi=100)
    plt.close()


def heatmap_is_cierre(df: pd.DataFrame, out_png: Path) -> None:
    """
    Mapa de calor: IS_Cierre por EquipoID × SprintNo.
    """
    if "IS_Cierre" not in df.columns:
        raise ValueError("Falta la columna 'IS_Cierre' para el mapa de calor.")

    # Pivot Equipo×Sprint
    pivot = (
        df.pivot_table(index="EquipoID", columns="SprintNo", values="IS_Cierre",
aggfunc="mean")
          .sort_index()
          .sort_index(axis=1)
    )

    data = pivot.to_numpy(dtype=float)

    # Enmascarar NaN para que aparezcan blancos
    masked = np.ma.masked_invalid(data)
    cmap = plt.cm.get_cmap("viridis").copy()
    cmap.set_bad(color="white")

    plt.figure(figsize=(12.8, 9.6), dpi=100)
    im = plt.imshow(masked, aspect="auto", cmap=cmap)
```

```
    plt.title("Mapa de calor del IS al cierre (Equipo × Sprint)", fontsize=18)
    plt.xlabel("SprintNo", fontsize=14)
    plt.ylabel("EquipoID", fontsize=14)

    # Ticks eje X (SprintNo) y eje Y (EquipoID)
    plt.xticks(
        ticks=np.arange(pivot.shape[1]),
        labels=[str(c) for c in pivot.columns.tolist()],
        fontsize=11
    )
    plt.yticks(
        ticks=np.arange(pivot.shape[0]),
        labels=pivot.index.tolist(),
        fontsize=11
    )

    cbar = plt.colorbar(im)
    cbar.set_label("IS (Cierre)", fontsize=12)
    plt.tight_layout()
    plt.savefig(out_png, dpi=100)
    plt.close()
def main() -> None:
    p = argparse.ArgumentParser()
    p.add_argument("--excel", required=True, help="Ruta del archivo Excel de
entrada.")
    p.add_argument("--sheet", default="IS_Criterio_Cierre", help="Nombre de hoja
con columnas IS/IR/II al cierre.")
    p.add_argument("--outdir", default="figs_is", help="Carpeta de salida para
las imágenes.")
    args = p.parse_args()

    excel_path = Path(args.excel).expanduser().resolve()
    outdir = Path(args.outdir).expanduser().resolve()
    outdir.mkdir(parents=True, exist_ok=True)

    df = _read_is_sheet(excel_path, args.sheet)
    scatter_ir_ii_cierre(df, outdir / "scatter_ir_ii_cierre.png")
    heatmap_is_cierre(df, outdir / "heatmap_is_cierre.png")

    print("OK. Figuras generadas en:", outdir)


if __name__ == "__main__":
    main()
```

8.16 Anexo P: Validación de instrumentos de recolección de Datos

Figura P.1

Validación del Formulario de efectividad en la comunicación Dr. Pinargorte MATRIZ 1

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2019-2025

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A:Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2022-2

TUTOR: Dr. Julio César Osorio Ph.D.

	Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum	
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en Indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2019–2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2019 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de Índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante
MIA10:	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2019–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSION VALORES SIGNIFICATIVOS
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	¿Estoy satisfecho con el avance del Sprint actual?	MIA1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de Índice Sintético	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en Indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2019–2025	2	100,0	100,0	66,7	OK, procede
2	¿La carga de trabajo de este Sprint ha sido sostenible?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2:Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2025.	3	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante	2	100,0	100,0	66,7	OK, procede
3	¿Las herramientas utilizadas en este Sprint facilitaron mi trabajo?	MIA2 VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance e Integración de proyectos de desarrollo de software con marco de trabajo Scrum	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en Indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador durante el periodo 2019–2025	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2025?	1	100,0	100,0	33,3	OK, procede
4	¿Me siento valorado por mi equipo?	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2019–2025.	3	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de Índice sintético, para reflejar el avance en proyectos Ágiles con Scrum, basado en Indicadores de rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2025.	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2025?	1	100,0	100,0	33,3	OK, procede
5	¿Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints?	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante	3	MIA2 VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance e Integración de proyectos de desarrollo de software con marco de trabajo Scrum	3	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2:Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2025.	3	100,0	100,0	100,0	OK, procede

A) DEFICIENTE ( ) B) BAJA ( ) D) BUENA ( ) E) MUY BUENA (X)
NOMBRES Y APELLIDOS: Dr PINARGOTE PINARGOTE HENRY MARCELINO Ph. D.
DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Santo Domingo
CC (DNI°): 1802610707
TEL CELULAR:
TÍTULO PROFESIONAL / ESPECIALIDAD: ING EMPRESAS / ESPECIALIDAD: MAGISTER EN GERENCIA DE NEGOCIOS
https://orcid.org/0000-0001-8871-3651
GRADO ACADÉMICO: Dr. Ph. D.
MENCIÓN: DOCTOR EN CIENCIAS SOCIALES MENCIÓN GERENCIA
LUGAR Y FECHA: Santo Domingo 27 de Febrero del 2024
OBSERVACIONES GENERALES: Los instrumentos de recolección de datos son validos para recolectar la Informacion requerida, presentando un nivel considerado ABSOLUTAMENTE ajustado a las variables del estudio
FIRMA

Firmado electrónicamente por: HENRY MARCELINO PINARGOTE PINARGOTE

Figura P.2

Validación del Formulario de Retroalimentación del equipo del Dr. Pinargorte MATRIZ 2

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2019-2025

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A: Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Maya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2023-2

TUTOR: Dr. Julio César Osorio Ph.D.

Formulario de Retroalimentación

CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1	VARIABLE INDEPENDIENTE	Modelo de Índice Sintético
MIA2	VARIABLE DIPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3	VARIABLE DIPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4	HIPÓTESIS	Si diseño de un modelo de Índice sintético, basado en Indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el período 2019–2025
MIA5	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el período del 2019 al 2025?
MIA6	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el período 2019 – 2025.
MIA7	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de Índices sintéticos
MIA8	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el período del 2019 al 2025.
MIA9	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante
MIA10	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y día+n en el período 2019–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSIÓN VALIDEZ SIGNIFICATIVA
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	¿Durante este Sprint he recibido retroalimentación útil para mejorar mi trabajo. ?	MIA7: OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de Índices sintéticos	3	MIA2: VARIABLE DIPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	1	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el período del 2019 al 2025?	1	100,0	33,3	33,3	OK
2	¿Me sentí cómodo dando retroalimentación a otros miembros del equipo. ?	MIA2: VARIABLE DIPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA2: VARIABLE DIPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de Índice sintético, para reflejar el avance en proyectos Ágiles con Scrum, basado en Indicadores de rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el período del 2019 al 2025.	1	100,0	100,0	33,3	OK
3	¿La retroalimentación que recibí fue constructiva. ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el período del 2019 al 2025?	3	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y día+n en el período 2019–2025.	1	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el período 2019 – 2025.	1	100,0	33,3	33,3	OK
4	¿Mi retroalimentación fue tomada en cuenta por el equipo. ?	MIA2: VARIABLE DIPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el período del 2019 al 2025?	1	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el período del 2019 al 2025.	2	100,0	33,3	66,7	OK
5	¿El equipo demostró apertura para aplicar sugerencias. ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el período del 2019 al 2025?	3	MIA3: VARIABLE DIPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	1	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el período del 2019 al 2025.	1	100,0	33,3	33,3	OK

Figura P.3

Validación del Formulario de satisfacción del equipo del Dr. Pinargorte MATRIZ 3

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de índice sintético para medir avance en rendimiento e integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2020-2025

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A: Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2020-2

TUTOR: Dr. Julio César Duarte Ph.D.

Formulario de Satisfacción

CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2020-2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2020 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2020 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
MIA10:	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2020-2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSION VALORES SIGNIFICATIVOS
		CODIGO 1	3= Muy influyente 2=Influyente 1=Poco influyente	CODIGO 2	3= Muy influyente 2=Influyente 1=Poco influyente	CODIGO 3	3= Muy influyente 2=Influyente 1=Poco influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	¿Estoy satisfecho con el avance del Sprint actual. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2020-2025	2	100,0	100,0	66,7	
2	¿La carga de trabajo de este Sprint ha sido sostenible. ?	MIA3: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?	3	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2020 al 2025.	3	100,0	100,0	66,7	
3	¿Las herramientas utilizadas en este Sprint facilitaron mi trabajo. ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?	2	MIA7: OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos	1	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2020 al 2025.	1	66,7	33,3	33,3	
4	¿Me siento valorado por mi equipo. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2020-2025	2	MIA7: OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos	1	100,0	66,7	33,3	
5	¿Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints. ?	MIA1: VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de Índice Sintético	2	MIA10: OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2020-2025.	2	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2020 al 2025.	1	66,7	66,7	33,3	

Figura P.4

Validación del Formulario de colaboración del equipo del Dr. Pinargorte MATRIZ 4

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito Ecuador 2019-2023

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO: A Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2022-2

TUTOR: Dr. Julio Cesar Ocerio Ph.D.

	Medibilidad en la comunicación de Equipos Scrum	
	CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
	MIA1	VARIABLE INDEPENDIENTE	Modelo de Índice Sintético
	MIA2	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
	MIA3	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
	MIA4	HIPÓTESIS	El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en Indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2019–2023.
	MIA5	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2023?
	MIA6	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2019 – 2023.
	MIA7	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de Índices sintéticos
	MIA8	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2023.
	MIA9	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera aceptable y no redundante
	MIA10	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2019–2023.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSION VALORES SIGNIFICATIVOS
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	¿El equipo trabajó de forma conjunta para resolver problemas o tareas. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	2	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en Indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2019–2023.	2	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2019 – 2023.	2	66,7	66,7	66,7	OK
2	¿Recibí apoyo de otros miembros del equipo para desbloquear tareas ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2023?	3	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2019 – 2023.	2	MIA7: OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de Índices sintéticos	3	100,0	66,7	100,0	OK
3	¿Se compartieron conocimientos útiles para avanzar en el trabajo. ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2023?	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	2	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2023.	3	100,0	66,7	100,0	OK
4	¿Las decisiones sobre el trabajo se tomaron de manera participativa. ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2023?	2	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2023.	1	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	66,7	33,3	100,0	OK
5	¿Hubo disposición real de colaborar más allá de las tareas individuales. ?	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2019 al 2023?	2	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los Indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2019 al 2023.	1	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2019–2023.	2	66,7	100,0	66,7	OK

Figura P.5

Validación del Formulario de capacidad individual de puntos del Dr. Pinargorte MATRIZ 5

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025

INSTRUMENTO: Encuesta
ENFOQUE: Cualitativo
IDENTIFICACIÓN: EN-001
DIRIGIDO A:Integrantes del equipo de trabajo.
DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade
PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos
UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México
PROMOCIÓN: 2022-2
TUTOR: Dr. Julio César Osorio Ph.D.

	Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum	
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DF2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
MIA10	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSION VALORES SIGNIFICATIVOS
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	Capacidad Individual en puntos que puede asumir en el Sprint	MIA1: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA7: OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos	3	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	3	100,0	100,0	100,0	ok

Figura P.6

Validación del Formulario de puntos realizados del Dr. Pinargorte MATRIZ 6

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025

INSTRUMENTO: Encuesta
ENFOQUE: Cualitativo
IDENTIFICACIÓN: EN-001
DIRIGIDO A:Integrantes del equipo de trabajo.
DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade
PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos
UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México
PROMOCIÓN: 2022-2
TUTOR: Dr. Julio César Osorio Ph.D.

	Puntos realizados	
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, Indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DF2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
MIA10	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSION VALORES SIGNIFICATIVOS
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	¿Formulario de Punto realizados?	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DF2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante	3	MIA1: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	3	100,0	100,0	100,0	OK

Figura P.7

Validación Instrumento Dr. Peña Matriz 1

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de índice sintético para medir avance en rendimiento e integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A: Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Manuel Moya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2022-2

TUTOR: Dr. Julio César Duarte Ph.D.

Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum		
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
MIA10:	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION			CONCLUSION VALORES SIGNIFICATIVOS
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	
1	¿Estoy satisfecho con el avance del Sprint actual?	MIA1: VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de Índice Sintético	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025	2	100,0	100,0	66,7	OK, posible
2	¿La carga de trabajo de este Sprint ha sido sostenible?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?	2	100,0	100,0	66,7	OK, posible
3	¿Las herramientas utilizadas en este Sprint facilitaron mi trabajo?	MIA1: VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de Índice Sintético	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025.	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?	1	100,0	100,0	33,3	OK, posible
4	¿Me siento valorado por mi equipo?	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.	3	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?	1	100,0	100,0	33,3	OK, posible
5	¿Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints?	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance e integración de proyectos de desarrollo de software con marco de trabajo Scrum	3	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.	3	100,0	100,0	100,0	OK, posible

OPINIÓN DE APLICABILIDAD DEL INSTRUMENTO

A) DEFICIENTE ( ) B) BAJA ( ) D) BUENA ( ) E) MUY BUENA (**X**)

NOMBRES Y APELLIDOS: Dr GARCIA PEÑA VICTOR RENE Ph. D. CC: (DNI*): 1713950895

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Santo Domingo TEL CELULAR:

TÍTULO PROFESIONAL / ESPECIALIDAD: ING EMPRESAS / ESPECIALIDAD: MAGISTER EN GERENCIA DE NEGOCIOS https://orcid.org/0000-0002-3088-3559

GRADO ACADÉMICO: Dr. Ph. D.

LUGAR Y FECHA: Santo Domingo 19 de Febrero del 2024

OBSERVACIONES GENERALES: Los instrumentos de recolección de datos son validos. Presentan un nivel completamente ajustado a las variables del estudio.

FIRMA

Firmado electrónicamente por:
VICTOR RENE GARCIA PENA
Validar únicamente con FirmaEC

Figura P.8

Validación del Formulario de Retroalimentación del equipo del Dr. Peña MATRIZ 2

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativa

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A: Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Maya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2022-2

TUTOR: Dr. Julio César Ocaña Ph.D.

CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no
MIA10	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION		
		CODIGO 1	3- Muy influyente 2 -Influyente	CODIGO 2	3- Muy influyente 2 -Influyente 1 -Poco influyente	CODIGO 3	3- Muy influyente 2 -Influyente 1 -Poco influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3
1	¿Durante este Sprint he recibido retroalimentación útil para mejorar mi trabajo. ?	MIA1: VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de índice Sintético	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE: Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	1	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del	1	100,0	33,3	33,3
2	¿Me sentí cómodo dando retroalimentación a otros miembros del equipo. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE: Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE: Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el	1	100,0	100,0	33,3
3	¿La retroalimentación que recibí fue constructiva. ?	MIA1: VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de índice Sintético	3	MIA3: VARIABLE DEPENDIENTE: Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	1	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en	1	100,0	33,3	33,3
4	¿Mi retroalimentación fue tomada en cuenta por el equipo. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE: Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025	1	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?	2	100,0	33,3	66,7
5	¿El equipo demostró apertura para aplicar sugerencias. ?	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023	3	MIA3: VARIABLE DEPENDIENTE: Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	1	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo	1	100,0	33,3	33,3

Figura P.9

Validación del Formulario de satisfacción del equipo del Dr. Peña MATRIZ 3

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de índice sinérgico para medir avance en rendimiento e integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A: Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Maya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2022-2

TUTOR: Dr. Julio César Osorio Ph.D.

Formulario de Satisfacción

CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de índice Sinérgico
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE:	Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de índice sinérgico, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023-2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 20259
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de índice sinérgico para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 - 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de aseguramiento de índice sinérgico
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y calcular el modelo de índice sinérgico mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
MIA10	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de índice sinérgico en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando un nivel de avance por Sprint en las métricas D e H y correr en el periodo 2023-2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION		
		CODIGO 1	3- Muy influyente 2 -Influyente 1 -Poco influyente	CODIGO 2	3- Muy influyente 2 -Influyente 1 -Poco influyente	CODIGO 3	3- Muy influyente 2 -Influyente 1 -Poco influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3
1	¿Evalúa satisfacción con el avance del Sprint actual. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 20259	3	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sinérgico, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023-2025	2	100,0	100,0	66,7
2	¿La carga de trabajo de cada Sprint ha sido manejable. ?	MIA3: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al	3	MIA6: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	2	100,0	100,0	66,7
3	¿Las herramientas utilizadas en cada Sprint facilitaron mi trabajo. ?	MIA6: OBJETIVO GENERAL Diseñar un modelo de índice sinérgico para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 - 2025	2	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de índice sinérgico en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando un nivel de avance por Sprint en las métricas D e H y correr en el periodo 2023-2025.	1	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Diseñar y calcular el modelo de índice sinérgico mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante	1	66,7	33,3	33,3
4	¿Me siento motivado por mi equipo. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	2	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de índice sinérgico en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando un nivel de avance por Sprint en las métricas D e H y correr en el periodo 2023-2025.	1	100,0	66,7	33,3
5	¿Deseo continuar trabajando con este equipo en próximos Sprints. ?	MIA1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Modelo de índice Sinérgico	2	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sinérgico, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023-2025	2	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	1	66,7	66,7	33,3

Figura *P*.10

Validación del Formulario de colaboración del equipo del Dr. Peña MATRIZ 4

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de índice sintético para medir avance en rendimiento e integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2020-2025

INSTRUMENTO: Encuesta

ENFOQUE: Cualitativo

IDENTIFICACIÓN: EN-001

DIRIGIDO A: Integrantes del equipo de trabajo.

DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade

PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos

UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México

PROMOCIÓN: 2023-2

TUTOR: Dr. Julio César Osorio Ph.D.

Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum		
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2020–2025
MIA5:	EL PROBLEMA:	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL:	Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2020 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1:	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2:	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2020 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3:	Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante
MIA10:	OBJETIVO ESPECÍFICO 4:	Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2020–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACIÓN	SE RELACIONA A	PONDERACIÓN	SE RELACIONA A	PONDERACIÓN	EVALUACIÓN		
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3
1	¿El equipo trabajó de forma conjunta para resolver problemas o tareas. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	2	MIA5: EL PROBLEMA : ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?	2	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2020–2025	2	66,7	66,7	66,7
2	¿Recibí apoyo de otros miembros del equipo para desbloquear tareas ?	MIA3: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA5: EL PROBLEMA : ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?	2	MIA10: OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2020–2025.	3	100,0	66,7	100,0
3	¿Se compartieron conocimientos útiles para avanzar en el trabajo. ?	MIA6: OBJETIVO GENERAL: Diseñar un modelo de índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2020 – 2025	3	MIA10: OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Evaluar el comportamiento del modelo de índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2020–2025.	2	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante	3	100,0	66,7	100,0
4	¿Las decisiones sobre el trabajo se tomaron de manera participativa. ?	MIA5: EL PROBLEMA : ¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2020 al 2025?	2	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2020 al 2025.	1	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	66,7	33,3	100,0
5	¿Hubo disposición real de colaborar más allá de las tareas individuales. ?	MIA2: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	2	MIA4: HIPÓTESIS: El diseño de un modelo de índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2020–2025	2	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Diseñar y estructurar el modelo de índice sintético mediante el método DP2, integrando las dimensiones de rendimiento e integración de manera ponderada y no redundante	2	66,7	100,0	66,7

Figura P.11

Validación del Formulario de capacidad individual de puntos del Dr. Peña MATRIZ 5

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025

INSTRUMENTO: Encuesta
ENFOQUE: Cualitativo
IDENTIFICACIÓN: EN-001
DIRIGIDO A:Integrantes del equipo de trabajo.
DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade
PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos
UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México
PROMOCIÓN: 2022-2
TUTOR: Dr. Julio Cesar Osorio Ph.D.

Efectividad en la comunicación de Equipos Scrum		
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante
MIA10:	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION		
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3
1	Capacidad Individual en puntos que puede asumir en el Sprint	MIA4: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA7: OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos	3	MIA8: OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.	3	100,0	100,0	100,0

Figura P.12

Validación del Formulario de puntos realizados del Dr. Peña MATRIZ 6

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: Modelo de Índice sintético para medir avance en rendimiento e Integración en proyectos de Software con marco de trabajo Scrum en Quito-Ecuador 2023-2025

INSTRUMENTO: Encuesta
ENFOQUE: Cualitativo
IDENTIFICACIÓN: EN-001
DIRIGIDO A:Integrantes del equipo de trabajo.
DOCTORANTE: Jorge Marcelo Moya Andrade
PROGRAMA: Doctorado en Dirección de Proyectos
UNIVERSIDAD: Universidad de Investigación e Innovación de México
PROMOCIÓN: 2022-2
TUTOR: Dr. Julio Cesar Osorio Ph.D.

Puntos realizados		
CODIGO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
MIA1:	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Modelo de Índice Sintético
MIA2:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en rendimiento por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA3:	VARIABLE DEPENDIENTE :	Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum
MIA4:	HIPÓTESIS:	El diseño de un modelo de Índice sintético, basado en indicadores de rendimiento e Integración, contribuye a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles desarrollados bajo el marco de trabajo Scrum por equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, durante el periodo 2023–2025
MIA5:	EL PROBLEMA	¿Cómo contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador para el periodo del 2023 al 2025?
MIA6:	OBJETIVO GENERAL	Diseñar un modelo de Índice sintético para contribuir a la medición del nivel de avance en proyectos ágiles con el marco de trabajo Scrum en rendimiento e Integración para equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador desde el periodo 2023 – 2025
MIA7:	OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos con Scrum, indicadores de desempeño y la metodología de construcción de índices sintéticos
MIA8:	OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar y definir los indicadores generales para medir el rendimiento e Integración en equipos de desarrollo de software en Quito, Ecuador, en el periodo del 2023 al 2025.
MIA9:	OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante
MIA10:	OBJETIVO ESPECÍFICO 4	Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.

ITEM	FORMULACIÓN DEL ITEM	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	SE RELACIONA A	PONDERACION	EVALUACION		
		CODIGO 1	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 2	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 3	3= Muy Influyente 2=Influyente 1=Poco Influyente	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3
1	¿Formulario de Punto realizados?	MIA9: OBJETIVO ESPECÍFICO 3 Diseñar y estructurar el modelo de Índice sintético mediante el método DP2, Integrando las dimensiones de rendimiento e Integración de manera ponderada y no redundante	3	MIA3: VARIABLE DEPENDIENTE : Nivel de avance en Integración por Sprint en proyectos de desarrollo de software con Scrum	3	MIA10 OBJETIVO ESPECÍFICO 4 Evaluar el comportamiento del modelo de Índice sintético en equipos de desarrollo de software que utilicen Scrum, comparando su nivel de avance por Sprint en los momentos Día N y cierre en el periodo 2023–2025.	3	100,0	100,0	100,0