



**Modelo pedagógico de herramientas digitales para contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural la Cruzada. Remedios-Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025.**

## TESIS DOCTORAL

que, para obtener el Grado de Ph.D.

DOCTOR EN EDUCACIÓN E INNOVACIÓN

PRESENTA

Moisés Mosquera Quintero

ASESORA

Lyzzi Coromoto Davalillo Bolívar

México, (2025)

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Mosquera Quintero, Moisés (2024). Modelo pedagógico de herramientas digitales para contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural la Cruzada. Remedios-Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025. [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](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

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.

## **Resumen.**

Esta investigación abordó los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas en la Institución Educativa Rural La Cruzada, Remedios-Antioquia, Colombia. El problema central se enfocó en la brecha existente entre el potencial pedagógico de las tecnologías digitales y las limitaciones contextuales que impiden su aprovechamiento efectivo en entornos rurales. Se planteó como hipótesis que un modelo pedagógico basado en herramientas digitales contribuye a mejorar el proceso de enseñanza matemática en los niveles de Básica Secundaria y Media. La investigación adoptó un enfoque cualitativo con diseño fenomenológico descriptivo, empleando entrevistas semiestructuradas aplicadas a diez docentes de matemáticas seleccionados mediante muestreo intencional. Los resultados revelan que los docentes han desarrollado "pedagogías híbridas adaptativas" que combinan metodologías tradicionales con incorporaciones tecnológicas específicas, evidenciando estrategias de "resiliencia tecnológica" para superar limitaciones infraestructurales. Se identificaron transformaciones significativas en concepciones epistemológicas sobre el conocimiento matemático, evolución hacia prácticas evaluativas más formativas y emergencia de comunidades de práctica informales. Las conclusiones confirman la hipótesis planteada, documentando mejoras en comprensión conceptual estudiantil, incrementos motivacionales y desarrollo de competencias específicas como visualización espacial. Como producto de la investigación se diseñó la propuesta CODAM (Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático), modelo pedagógico integral que articula infraestructura adaptativa, desarrollo profesional progresivo, comunidad virtual de práctica, recursos contextualizados y evaluación sistémica para la transformación sostenible de la enseñanza matemática rural.

**Palabras clave:** herramientas digitales, gestión del conocimiento, práctica docente, educación matemática, contexto rural, modelo pedagógico.

**Abstract.**

This research addressed the effects of digital tools on knowledge management from mathematics teaching practice at the Rural Educational Institution La Cruzada, Remedios-Antioquia, Colombia. The central problem focused on the existing gap between the pedagogical potential of digital technologies and the contextual limitations that prevent their effective use in rural environments. It was hypothesized that a pedagogical model based on digital tools contributes to improving the mathematics teaching process at the Secondary Basic and High School levels. The research adopted a qualitative approach with a descriptive phenomenological design, using semi-structured interviews applied to ten mathematics teachers selected through purposive sampling. The results reveal that teachers have developed "adaptive hybrid pedagogies" that combine traditional methodologies with specific technological incorporations, evidencing "technological resilience" strategies to overcome infrastructural limitations. Significant transformations were identified in epistemological conceptions about mathematical knowledge, evolution towards more formative evaluative practices, and emergence of informal communities of practice. The conclusions confirm the proposed hypothesis, documenting improvements in student conceptual understanding, motivational increases, and development of specific competencies such as spatial visualization. As a product of the research, the CODAM proposal (Digital Community of Mathematical Learning) was designed, a comprehensive pedagogical model that articulates adaptive infrastructure, progressive professional development, virtual community of practice, contextualized resources, and systemic evaluation for the sustainable transformation of rural mathematics teaching.

**Keywords:** *digital tools, knowledge management, teaching practice, mathematics education, rural context, pedagogical model*

### **Agradecimientos.**

Primero que todo a Dios por posibilitar mi vida y al patrón el santo Eccehomo al que le pido fortaleza en todo momento y lugar

A mis padres, Alba Lucia Quintero Copete y Antonio Mosquera QEPD, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio durante todo mi trayecto académico. Sin su fe en mí, este logro no habría sido posible.

A mi compañera de vida, amante, compañera y amiga Makyerlin Borja Maturana por su amor y apoyo incondicional, mis hijos Joshua Mosquera Borja y David Mosquera Borja por ser la fuerza para levantarme cada mañana a luchar, a mis hermanos, Edgardo Mosquera, Adelaida Perea, Francisco Perea, a todos ellos doy gracias por su paciencia, comprensión y ánimo en los momentos más difíciles, y por acompañarme con cariño en cada paso del camino por estar siempre allí.

A mis maestros que me inspiraron en cada uno de mis ciclos académicos, quienes sembraron en mí la curiosidad por el conocimiento, las ganas de salir adelante y me guiaron con sabiduría hacia la excelencia académica.

Y especialmente a mi madre, por creer en mí cuando yo mismo dudaba, ponerme en sus oraciones, por estar pendiente de cada uno de mis pasos y por ser fuente de inspiración en mi formación profesional y personal.

### **Dedicatorias.**

Agradezco profundamente a todas aquellas personas cuyo apoyo, orientación y cariño hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesis, Lyzzi Coromoto Davalillo Bolívar, por su paciencia, rigurosidad académica, valiosas correcciones y su inquebrantable compromiso durante todo el proceso. Su guía fue fundamental para dar forma a esta investigación.

Agradezco también al jurado calificador por el tiempo dedicado a la revisión y evaluación de este trabajo, así como a los profesores y colegas que, con sus comentarios y sugerencias, contribuyeron a mejorar su calidad.

Quiero dedicar un agradecimiento especial a mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante a lo largo de mi formación académica. Este logro también es parte de su esfuerzo y creencia en mí.

A mi compañera de vida, mis hijos, por su paciencia durante las largas horas de estudio, por su ánimo en los momentos de duda y por ser una fuente constante de inspiración y equilibrio.

A mis amigos y compañeros de doctorado, por compartir esta etapa tan intensa de aprendizaje y superación mutua; muchas veces fueron también mi soporte emocional y motivación para continuar.

Finalmente, agradezco a la UIIX por el apoyo brindado, ya sea académico, económico o logístico, elementos clave para el desarrollo de esta investigación.

Sin ustedes, este camino habría sido mucho más difícil. ¡Gracias de corazón!

## ÍNDICE GENERAL

<i>INTRODUCCIÓN</i>	12
<i>Capítulo 1. Proyección de la investigación.</i>	15
1.1. Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su ámbito de estudio.	15
1.2. Planteamiento del problema.	16
1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).	22
1.4. Justificación.	23
1.5. Objeto de estudio.	26
1.6. Campo de acción.	27
1.7. Objetivos.	28
1.7.1. Objetivo General.	28
1.8. Hipótesis.	28
1.9. Alcance temático.	29
1.10. Delimitación Espacial y Temporal.	30
<i>CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales.</i>	32
2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).	32
2.2. Marco Teórico.	37
2.3. Marco Conceptual.	40
2.3.1 Herramientas digitales en educación matemática	40
2.3.2 Gestión del conocimiento en la práctica docente matemática	41
2.3.3 Construccinismo en educación matemática	41
2.3.4 Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK)	42

	7
2.3.5 Apropiación tecnológica en contextos educativos	43
2.3.6 Comunidades de práctica en educación matemática	44
2.3.7 Hibridación metodológica en educación rural	44
2.3.8 Resiliencia tecnológica docente	45
2.3.9 Instrumentalización creativa	46
2.4. Marco Contextual.	47
2.5. Marco Legal y Normativo.	49
<i>Capítulo 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.</i>	<i>54</i>
3.1. Cuadro Operacionalización de variables	54
3.2. Diseño metodológico.	59
3.2.1. Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis.	59
3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos.	60
3.2.3. Determinación de la muestra y su criterio de selección.	62
3.3. Trabajo de campo (o Presentación de evidencias, si corresponde).	64
3.4. Aplicación de los instrumentos.	66
3.6. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.	70
3.6.2 Objetivo Específico 2: Determinar los factores pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas	75
3.6.3 Objetivo Específico 3: Sistematizar los fundamentos teóricos-pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza de las matemáticas	81
3.6.4 Objetivo Específico 4: Evaluar el impacto de las herramientas digitales en el aprendizaje y desarrollo de competencias matemáticas de los estudiantes	87
3.6.5 Síntesis Integral: Convergencias, Divergencias y Patrones Emergentes	95
3.7. Redacción de resultados y discusión.	98
<i>Capítulo IV: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN</i>	<i>111</i>
4.1. Fundamentación de la propuesta de transformación.	111

4.2. Estructura de la propuesta de transformación.	112
4.2.1. Título o denominación de la propuesta	112
4.2.2. Fundamentación teórica conceptual de la propuesta	112
4.2.3. Objetivo general de la propuesta	114
4.2.4. Objetivos específicos de la propuesta	114
4.2.6. Fases y etapas de implementación	116
4.2.9. Recursos necesarios para la aplicación	123
4.3. Valoración/ evaluación / validación de la propuesta de transformación.	125
4.3.1. Sistema de indicadores y criterios de evaluación	125
4.3.2. Recursos necesarios para implementación	128
4.3.3. Análisis de requisitos de la propuesta	129
4.3.4. Plan de sostenibilidad	130
4.3.5. Cronograma de evaluación	130
4.3.6. Transformación del estado del problema	131
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>133</i>
<i>RECOMENDACIONES</i>	<i>137</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>139</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>165</i>

**Índice de tablas.**

Tabla 1. Operacionalización de las variables del estudio	77
Tabla 2. Indicadores de evaluación, componente 1: infraestructura digital adaptativa	130
Tabla 3. Indicadores de evaluación - Componente 2: Desarrollo Profesional Docente	131
Tabla 4. Indicadores de evaluación - Componente 3: Comunidad Virtual de Práctica	132
Tabla 5. Indicadores de evaluación - Componente 4: Banco Digital de Recursos	132
Tabla 6. Indicadores de evaluación - Componente 5: Sistema de Seguimiento	133
Tabla 7. Presupuesto detallado de recursos para implementación de CODAM	134
Tabla 8. Evaluación de requisitos esenciales de la propuesta CODAM	135
Tabla 9. Estrategias de sostenibilidad de la propuesta CODAM	136
Tabla 10. Cronograma de actividades de evaluación CODAM	137

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Modelo CODAM: Estructura integral de componentes, fases y resultados	146
---	-----

## INTRODUCCIÓN

La integración de herramientas digitales en la educación matemática ha emergido como uno de los desafíos más significativos de la educación contemporánea, particularmente en el contexto de la transformación digital acelerada por eventos globales recientes. Esta investigación se enmarca en la línea de investigación "Innovación educativa y perspectivas tecnológicas" de la Universidad de Investigación e Innovación de México, abordando específicamente los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas en contextos educativos rurales.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad crítica de comprender cómo las herramientas digitales transforman no solo los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino fundamentalmente la manera en que los docentes construyen, organizan y transmiten el conocimiento matemático. En el contexto específico de la Institución Educativa Rural La Cruzada, ubicada en Remedios-Antioquia, Colombia, esta investigación fenomenológica busca capturar las experiencias vividas de los docentes de matemáticas al integrar tecnologías digitales en su práctica pedagógica, explorando las transformaciones, desafíos y oportunidades que emergen en este proceso.

Los antecedentes recientes evidencian un creciente interés académico en este campo. Estudios internacionales como el de Hegedus et al. (2021) documentan cómo las tecnologías digitales reconfiguran las prácticas matemáticas tradicionales, mientras que Robutti et al. (2020) destacan la importancia de examinar las experiencias docentes en contextos específicos. En el ámbito nacional, las investigaciones de Prada et al. (2021) y Corrales (2021) han explorado el impacto de las herramientas digitales en la enseñanza matemática en Colombia, identificando tanto potencialidades como limitaciones en diferentes contextos educativos. Recientemente, González y Fernández (2024) analizaron el uso didáctico de la tecnología en las áreas STEM, proporcionando insights valiosos sobre las prácticas docentes digitales.

La significatividad de esta investigación se fundamenta en tres aspectos centrales. Primero, aborda una brecha de conocimiento específica sobre la gestión del conocimiento matemático en entornos rurales mediados por tecnología, un área escasamente explorada en la literatura nacional e internacional. Segundo, adopta una perspectiva fenomenológica que privilegia las voces y experiencias de los docentes como actores centrales de la transformación pedagógica. Tercero, se desarrolla en un contexto rural específico con características socioeconómicas y tecnológicas particulares que requieren aproximaciones investigativas contextualizadas.

El marco teórico se fundamenta en el construccionismo de Papert y Harel (2020), que concibe las herramientas digitales como elementos transformadores que facilitan la construcción activa y colaborativa del conocimiento matemático. Esta perspectiva se complementa con el modelo TPACK de Koehler et al. (2019) y el enfoque documental de Trouche et al. (2020), proporcionando una base conceptual sólida para comprender la complejidad de los procesos de integración tecnológica en la práctica docente matemática.

Metodológicamente, esta investigación cualitativa adopta un diseño fenomenológico descriptivo, empleando entrevistas semiestructuradas con diez docentes de matemáticas seleccionados mediante muestreo intencional. El análisis de datos sigue los principios del análisis temático de Braun y Clarke (2022), utilizando el software ATLAS.ti para facilitar la codificación y categorización de las experiencias docentes.

Los principales aportes esperados incluyen la documentación empírica de estrategias adaptativas desarrolladas por docentes rurales para integrar tecnologías en contextos de recursos limitados, la identificación de factores facilitadores y obstaculizadores en la transformación de prácticas pedagógicas mediadas por tecnología, y la propuesta de un modelo contextualizado que considere las particularidades del entorno rural para la integración efectiva de herramientas digitales en la enseñanza matemática.

Esta tesis se estructura en cuatro capítulos. El **Capítulo 1** presenta la proyección de la investigación, incluyendo el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y el marco contextual específico. El **Capítulo 2** desarrolla los fundamentos teóricos referenciales, abordando el estado del arte, el marco teórico constructorista, el marco conceptual sobre gestión del conocimiento matemático, el marco contextual y el marco legal normativo. El **Capítulo 3** expone los fundamentos metodológicos, incluyendo el diseño fenomenológico, las técnicas de recolección y análisis de datos, así como la presentación y discusión de los resultados obtenidos. Finalmente, el **Capítulo 4** presenta la propuesta de transformación denominada "Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático" (CODAM), fundamentada en los hallazgos de la investigación y orientada a mejorar la integración de herramientas digitales en la práctica docente matemática rural.

Posteriormente, se incluyen las **Conclusiones** que sintetizan los principales hallazgos y responden a los objetivos planteados, seguidas de las **Recomendaciones** que sugieren líneas de acción futuras derivadas de los resultados obtenidos. La **Bibliografía** presenta el conjunto de referencias teóricas y empíricas consultadas durante el desarrollo de la investigación, organizadas según las normas APA séptima edición. Finalmente, los **Anexos** contienen los instrumentos de recolección de datos, transcripciones de entrevistas, validaciones de expertos y otros materiales complementarios que sustentan la rigurosidad metodológica del estudio.

Esta investigación contribuye al campo de la educación matemática mediante una perspectiva fenomenológica que documenta las experiencias docentes de primera mano, proporcionando conocimiento situado y contextualizado que puede informar políticas educativas, programas de formación docente y estrategias de implementación tecnológica más sensibles a las realidades territoriales y culturales del país.

## **Capítulo 1. Proyección de la investigación.**

El **Capítulo 1** establece los fundamentos proyectivos de la investigación mediante la delimitación precisa del problema de estudio y la configuración del marco investigativo que orienta todo el desarrollo posterior. Este capítulo inicia con el planteamiento del problema central relacionado con los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente matemática en contextos rurales, identificando la brecha existente entre el potencial pedagógico de las tecnologías digitales y las limitaciones contextuales que impiden su aprovechamiento efectivo. Posteriormente, se formulan las preguntas de investigación que guían la indagación, se establecen los objetivos general y específicos que estructuran el proceso investigativo, y se presenta la hipótesis que será contrastada mediante la evidencia empírica. La justificación del estudio fundamenta su relevancia teórica, metodológica, práctica y social, mientras que el marco contextual caracteriza específicamente la Institución Educativa Rural La Cruzada como escenario de la investigación. Este capítulo constituye la base proyectiva que articula problemática, propósitos investigativos y contextualización, proporcionando la plataforma conceptual y metodológica sobre la cual se desarrollan los capítulos subsiguientes del estudio.

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

#### **Innovación educativa y perspectivas tecnológicas**

Esta investigación se inscribe dentro de la línea de investigación "Innovación educativa y perspectivas tecnológicas" de la Universidad de Innovación e Investigación de México, la cual constituye un espacio académico especializado en el estudio de los procesos de transformación educativa mediados por tecnologías emergentes y enfoques pedagógicos innovadores. Esta línea de investigación se fundamenta en la comprensión de que los sistemas educativos contemporáneos requieren aproximaciones multidisciplinarias que integren desarrollos tecnológicos, teorías pedagógicas avanzadas

y comprensión profunda de los contextos socioculturales donde se implementan las innovaciones educativas.

El ámbito de estudio de esta línea abarca la investigación de modelos pedagógicos innovadores que incorporan herramientas digitales para la transformación de prácticas educativas tradicionales, con particular énfasis en la gestión del conocimiento, el desarrollo de competencias del siglo XXI y la creación de comunidades de aprendizaje mediadas por tecnología. La línea privilegia estudios que documenten procesos de cambio educativo en contextos específicos, analicen el impacto de las tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje, y generen propuestas transformadoras fundamentadas empíricamente.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

La integración de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas y su impacto en la gestión del conocimiento desde la práctica docente ha sido un tema de creciente interés y preocupación desde finales del siglo XX. Este fenómeno comenzó a emerger como un problema significativo en la década de 1980, con la introducción de las primeras computadoras personales en las aulas y el desarrollo de software educativo específico para matemáticas (Kaput, 1992; Papert, 1980). En este período inicial, el enfoque principal estaba en cómo utilizar estas nuevas tecnologías para mejorar la visualización y la exploración de conceptos matemáticos. Sin embargo, pronto se hizo evidente que la mera presencia de la tecnología no garantiza una mejora en la enseñanza y el aprendizaje, y que la integración efectiva de estas herramientas requería un replanteamiento fundamental de las prácticas pedagógicas y la forma en que los docentes gestionaban y transmitían el conocimiento matemático (Hoyles & Noss, 1992; Ruthven & Hennessy, 2002).

A medida que avanzaba la década de 1990 y principios de 2000, el problema se complejiza con la rápida evolución de las tecnologías digitales y su creciente disponibilidad en los entornos educativos. La aparición de software de geometría dinámica, sistemas de álgebra computacional y herramientas de representación gráfica

planteó nuevos desafíos y oportunidades para los docentes de matemáticas (Artigue, 2002; Heid, 1988). Estos avances tecnológicos no solo ofrecían nuevas formas de representar y explorar conceptos matemáticos, sino que también cuestionaban los enfoques tradicionales de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Los investigadores y educadores comenzaron a reconocer la necesidad de desarrollar nuevos marcos teóricos y pedagógicos para comprender y aprovechar el potencial de estas herramientas digitales en la educación matemática (Drijvers, 2003; Laborde, 2001). Al mismo tiempo, surgieron preocupaciones sobre la brecha digital y las desigualdades en el acceso y uso de la tecnología en diferentes contextos educativos (Warschauer, 2003).

En la actualidad, el problema ha evolucionado y se ha vuelto aún más complejo debido a la ubicuidad de las tecnologías digitales y su profundo impacto en todos los aspectos de la sociedad, incluida la educación. La rápida proliferación de dispositivos móviles, aplicaciones educativas, plataformas de aprendizaje en línea y recursos educativos abiertos ha transformado radicalmente el panorama de la enseñanza de las matemáticas (Borba et al., 2013; Trouche & Drijvers, 2010). Los docentes se enfrentan ahora al desafío de navegar por un vasto ecosistema de herramientas y recursos digitales, seleccionando y utilizando aquellos que sean más apropiados para sus objetivos pedagógicos y las necesidades de sus estudiantes. Además, la creciente importancia de las habilidades digitales y el pensamiento computacional en la sociedad moderna ha llevado a una reconsideración de los objetivos y contenidos de la educación matemática (Hoyles & Lagrange, 2010; Noss & Hoyles, 1996).

El problema actual se caracteriza por una tensión entre el potencial transformador de las herramientas digitales y los desafíos que plantea su integración efectiva en la práctica docente. Por un lado, estas tecnologías ofrecen oportunidades sin precedentes para personalizar el aprendizaje, facilitar la colaboración, y proporcionar retroalimentación inmediata y adaptativa a los estudiantes (Drijvers et al., 2010; Olive et al., 2010). Por otro lado, su integración efectiva requiere que los docentes desarrollen nuevas competencias, replanteen sus enfoques pedagógicos y adapten constantemente sus prácticas a un entorno tecnológico en rápida evolución (Mishra & Koehler, 2006; Ruthven, 2009). Además, la gestión del conocimiento matemático en la era digital

plantea nuevos desafíos en términos de cómo los docentes acceden, organizan, crean y comparten recursos y experiencias pedagógicas (Gueudet & Trouche, 2009; Pepin et al., 2013). El problema actual también abarca cuestiones éticas y de equidad, como el acceso desigual a la tecnología, la privacidad de los datos de los estudiantes, y el impacto de la tecnología en la naturaleza misma del conocimiento matemático y las habilidades valoradas en la sociedad (Borba & Villarreal, 2005; Hoyles & Noss, 2009).

En el contexto colombiano, la integración de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas presenta desafíos particulares que se acentúan en las regiones rurales Malpica y Estupiñán, (2024). El Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 reconoce la necesidad de impulsar el uso pertinente de las tecnologías digitales, sin embargo, los reportes del Ministerio de Educación Nacional (2022) evidencian disparidades significativas entre las zonas urbanas y rurales en términos de acceso y calidad de la conectividad a internet, con apenas el 34% de las instituciones educativas rurales contando con acceso adecuado a internet.

Específicamente en el departamento de Antioquia, los Informes de Gestión de la Secretaría de Educación Departamental (2023) revelan que aproximadamente el 58% de las instituciones educativas rurales enfrentan limitaciones significativas en infraestructura tecnológica, incluyendo equipos obsoletos, conexión intermitente y falta de mantenimiento técnico especializado. Esta situación se ve agravada por la dispersión geográfica característica de los municipios como Remedios, donde las condiciones topográficas dificultan la instalación y mantenimiento de infraestructura de telecomunicaciones.

En la región del Nordeste Antioqueño, donde se ubica la Institución Educativa La Cruzada, el diagnóstico regional realizado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios (2023) identifica que los docentes de matemáticas enfrentan desafíos específicos en la gestión del conocimiento digital: el 68% de los docentes rurales reporta dificultades para adaptar recursos digitales a contextos locales, el 45% manifiesta limitaciones en competencias digitales pedagógicas, y el 73% señala la necesidad de

estrategias colaborativas para el intercambio de experiencias educativas mediadas por tecnología (Fundación Universitaria Católica del Norte, 2023).

Los estudios locales de Ospina y Martínez (2022) documentan cómo los docentes de matemáticas en instituciones rurales antioqueñas desarrollan "adaptaciones creativas" para superar las limitaciones tecnológicas, incluyendo el uso de aplicaciones móviles offline, la creación de recursos digitales con herramientas básicas, y el establecimiento de redes informales de intercambio de experiencias. Sin embargo, estos mismos estudios revelan que tales adaptaciones, aunque valiosas, no constituyen una solución sistemática y sostenible para la transformación de las prácticas pedagógicas.

El problema se complejiza por factores socioeconómicos específicos del contexto rural. La Evaluación de Impacto del Programa Computadores para Educar en Antioquia (2023) indica que el 52% de los estudiantes de zonas rurales carece de dispositivos tecnológicos en sus hogares, limitando las posibilidades de implementar estrategias de aprendizaje híbrido o trabajo autónomo con herramientas digitales. Esta realidad obliga a los docentes a concentrar todas las actividades digitales en el tiempo escolar, reduciendo las oportunidades de exploración y práctica matemática mediada por tecnología.

Además, la investigación de Restrepo et al. (2023) sobre formación docente en competencias digitales en municipios rurales antioqueños evidencia una brecha significativa entre las competencias desarrolladas en programas de capacitación y las necesidades reales de los docentes para gestionar conocimiento matemático en entornos digitales. El 78% de los docentes participantes en su estudio expresó que los programas de formación no abordaban adecuadamente las particularidades del contexto rural, especialmente en aspectos relacionados con la contextualización de recursos digitales y la creación de contenidos pertinentes para las realidades locales.

La problemática se extiende a la dimensión colaborativa de la gestión del conocimiento. Como señala el estudio de García y Ramírez (2022) sobre comunidades de práctica docente en Antioquia, los docentes rurales enfrentan limitaciones para

participar en redes profesionales digitales debido a restricciones de tiempo, conectividad y competencias técnicas, lo que reduce las oportunidades de intercambio de experiencias y construcción colectiva de conocimiento pedagógico. Esta situación es particularmente evidente en áreas como Remedios, donde la distancia geográfica y las condiciones sociales dificultan los encuentros presenciales entre docentes de diferentes instituciones.

En síntesis, el problema de la integración de herramientas digitales en la gestión del conocimiento matemático en el contexto específico de la Institución Educativa La Cruzada se caracteriza por la confluencia de múltiples factores: limitaciones de infraestructura tecnológica, brechas en competencias digitales docentes, restricciones socioeconómicas estudiantiles, y escasez de espacios colaborativos para el desarrollo profesional. Estos elementos configuran un escenario complejo que demanda aproximaciones investigativas contextualizadas para comprender las experiencias docentes y proponer alternativas viables de transformación pedagógica.

### ***Definición del problema***

El problema central que se aborda en este estudio es la necesidad de mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada, mediante la integración efectiva de herramientas digitales. Este problema multifacético se manifiesta en la brecha existente entre el potencial pedagógico de las tecnologías digitales y su implementación real en el contexto específico de esta institución rural antioqueña. La problemática específica se caracteriza por varios elementos interconectados. En primer lugar, los resultados en las Pruebas Saber 11 del área de matemáticas de la IE La Cruzada han mostrado un desempeño inferior a la media nacional en los últimos tres años (2021-2023), ubicándose en el percentil 35. Esta situación evidencia la necesidad de implementar estrategias innovadoras que mejoren significativamente los procesos de enseñanza-aprendizaje matemático.

En segundo lugar, el diagnóstico institucional (2023) revela que el 75% de los docentes de matemáticas de la institución carece de formación específica en el diseño e

implementación de modelos pedagógicos mediados por herramientas digitales. Esta carencia se refleja en prácticas pedagógicas que subutilizan el potencial de las tecnologías disponibles, limitándose a usos instrumentales básicos sin integración curricular sistemática.

En tercer lugar, la infraestructura tecnológica disponible en la Institución Educativa Rural La Cruzada presenta limitaciones significativas que obstaculizan la implementación de estrategias digitales coherentes y sostenibles. Según el diagnóstico tecnológico institucional (IE La Cruzada, 2023), la institución cuenta con un aula de informática equipada con 25 computadores, de los cuales solo 18 se encuentran operativos, y experimenta interrupciones de conectividad a internet en promedio 3.2 horas diarias, según registros del primer semestre de 2023. Esta realidad se enmarca en el contexto más amplio de la brecha digital rural documentada por la CEPAL (2020), que señala que solo el 34% de las instituciones educativas Las rurales latinoamericanas cuentan con acceso estable a internet de banda ancha.

Las limitaciones identificadas incluyen: (a) insuficiencia cuantitativa de equipos tecnológicos (ratio de 1.8 estudiantes por computadora versus el estándar recomendado de 1:1 por UNESCO, 2019), (b) obsolescencia tecnológica con equipos promedio de 8 años de antigüedad que limitan la ejecución de software educativo contemporáneo, (c) conectividad intermitente con velocidad promedio de 2 Mbps compartidos para toda la institución, muy por debajo de los 10 Mbps recomendados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022) para instituciones educativas, y (d) ausencia de soporte técnico especializado permanente. Estas condiciones se alinean con los hallazgos de Warschauer (2003) sobre las múltiples dimensiones de la brecha digital en contextos rurales, que trascienden el mero acceso a dispositivos para incluir factores de calidad, sostenibilidad y apropiación tecnológica.

Sin embargo, siguiendo la perspectiva de Drijvers et al. (2010) sobre instrumentación adaptativa en entornos con recursos limitados, estas limitaciones no constituyen impedimentos absolutos, sino contextos específicos que exigen el desarrollo de modelos pedagógicos adaptados a las realidades locales. La literatura sobre educación

rural mediada por tecnología (Parra & Rengifo, 2021; Corrales, 2021) documenta experiencias exitosas de instituciones que, enfrentando limitaciones similares, han desarrollado estrategias innovadoras como el uso de aplicaciones offline con sincronización periódica, la rotación programada de recursos tecnológicos, y la implementación de modelos híbridos que optimizan los momentos de conectividad disponibles. Esta perspectiva constructivista (Papert & Harel, 2020) reconoce que las limitaciones contextuales pueden catalizar innovaciones pedagógicas específicas que, posteriormente, pueden transferirse a otros entornos con características similares.

Finalmente, la ausencia de un modelo pedagógico estructurado para el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas genera dispersión en las iniciativas individuales de los docentes, impidiendo el aprovechamiento sistémico de las tecnologías disponibles para el mejoramiento del proceso educativo.

Esta problemática demanda el diseño de un modelo pedagógico específico que articule coherentemente las herramientas digitales disponibles con los objetivos curriculares matemáticos, considerando las particularidades del contexto rural y las necesidades específicas de los estudiantes de básica secundaria y media. El modelo debe proporcionar orientación clara para los docentes sobre cómo integrar efectivamente las tecnologías digitales en sus prácticas pedagógicas, potenciando así el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje matemático.

### **1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).**

¿Cómo se puede contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural la Cruzada Remedios-Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025?

#### ***1.2.2 Preguntas secundarias***

a. ¿Cuáles son las percepciones de los docentes de matemáticas en relación al uso de herramientas digitales en su práctica pedagógica y cómo estas experiencias impactan en la gestión del conocimiento?

b. ¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades que los docentes de matemáticas enfrentan al incorporar herramientas digitales en su práctica docente?

c. ¿Cómo las experiencias de colaboración e intercambio de conocimientos entre docentes de matemáticas, facilitadas por las herramientas digitales, influyen en la gestión del conocimiento y en la transformación de su práctica pedagógica?

#### **1.4. Justificación.**

La justificación de este estudio se fundamenta en la necesidad de diseñar un modelo pedagógico de herramientas digitales que mejore los procesos de enseñanza de las matemáticas en los niveles de Básica, Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada. Esta investigación aportará nuevo conocimiento sobre la integración efectiva de tecnologías digitales en contextos educativos rurales, un área escasamente explorada en la literatura académica. El estudio beneficiará directamente a 850 estudiantes de la institución, 32 docentes y sus familias, mientras que indirectamente impactará a la comunidad educativa rural del Nordeste Antioqueño. El nuevo aporte consistirá en un modelo pedagógico contextualizado que articule coherentemente las herramientas digitales disponibles con los objetivos curriculares matemáticos, considerando las particularidades del entorno rural.

Desde el punto de vista teórico, esta investigación se justifica por su contribución al desarrollo de marcos conceptuales específicos para la integración de herramientas digitales en contextos educativos rurales con recursos limitados. El estudio enriquecerá la literatura existente sobre educación matemática mediada por tecnología, particularmente en lo referente a modelos pedagógicos adaptativos para entornos con conectividad intermitente. Como señalan Borba et al. (2016), existe una brecha significativa en el conocimiento sobre cómo los docentes construyen, comparten y aplican el conocimiento matemático en el contexto digital rural. La investigación contribuirá a refinar y expandir modelos existentes como el TPACK de Mishra & Koehler (2006) y el enfoque documental de Trouche et al. (2020), incorporando dimensiones específicas del entorno sociocultural y tecnológico rural. Los hallazgos

proporcionarán evidencia empírica sobre estrategias efectivas que los docentes desarrollan para superar limitaciones contextuales y aprovechar el potencial de las herramientas digitales disponibles. Este aporte teórico es particularmente relevante para el contexto latinoamericano, donde predominan las instituciones educativas rurales con características similares a las de la IER La Cruzada.

Desde el aspecto práctico, la investigación tiene objetivos transformadores inmediatos que impactarán directamente la realidad educativa de la institución. El modelo pedagógico diseñado proporcionará herramientas concretas y sistemáticas para optimizar el uso de la infraestructura tecnológica existente, maximizando el impacto educativo de las inversiones realizadas. Los docentes dispondrán de estrategias específicas para integrar las herramientas digitales disponibles de manera coherente con los objetivos curriculares, superando las limitaciones de conectividad intermitente y recursos tecnológicos limitados. El modelo incluirá metodologías prácticas para la creación de contenidos digitales contextualizados, la implementación de evaluaciones formativas mediadas por tecnología, y el desarrollo de estrategias colaborativas que fortalezcan la comunidad de práctica docente. La implementación del modelo contribuirá a mejorar los resultados en las Pruebas Saber, reducir las brechas de aprendizaje matemático, y minimizar los costos de implementación tecnológica mediante el aprovechamiento eficiente de recursos existentes.

Desde el aspecto social, la investigación se justifica por sus amplios beneficios para múltiples sectores de la población. Los estudiantes de Básica Secundaria y Media de la IE La Cruzada fortalecerán sus competencias matemáticas y digitales, ampliando sus oportunidades de acceso a educación superior y mejores perspectivas laborales. Los docentes desarrollarán competencias digitales pedagógicas que podrán replicar en otras áreas curriculares, fortaleciendo el proyecto educativo institucional. Las familias se beneficiarán del mejoramiento de la calidad educativa ofrecida a sus hijos, mientras que la comunidad rural en general verá fortalecidas sus capacidades educativas y tecnológicas. Indirectamente, otras instituciones educativas rurales de la región podrán beneficiarse del modelo desarrollado, contribuyendo a la reducción de brechas educativas entre zonas urbanas y rurales. El impacto social trasciende lo educativo, pues

el fortalecimiento de competencias matemáticas y digitales contribuye al desarrollo socioeconómico local y regional.

Desde el punto de vista metodológico, este estudio propone un enfoque innovador que combina investigación cualitativa con diseño participativo para crear modelos pedagógicos contextualizados y viables. La metodología desarrollada integrará elementos del análisis fenomenológico para comprender las experiencias docentes con técnicas de diseño basado en investigación (DBR) para crear un modelo pedagógico efectivo. Este enfoque metodológico híbrido puede replicarse en otras instituciones educativas rurales con características similares, proporcionando un modelo de investigación aplicada para el desarrollo de innovaciones pedagógicas contextualizadas. Se desarrollarán instrumentos específicos para evaluar la efectividad de modelos pedagógicos digitales en contextos rurales, contribuyendo al repertorio metodológico del campo de la educación matemática. La propuesta metodológica facilitará futuras investigaciones sobre integración tecnológica en educación rural, especialmente en lo relacionado con el diseño participativo de soluciones pedagógicas adaptadas a limitaciones contextuales. Los instrumentos y procedimientos metodológicos desarrollados podrán ser adaptados y utilizados en otros contextos rurales latinoamericanos con características similares, incrementando la replicabilidad y transferibilidad de los hallazgos.

Desde el punto de vista personal del área de estudio, esta investigación responde directamente a la misión institucional de la IER La Cruzada de mejorar la calidad educativa en su contexto rural específico. La institución podrá fortalecer significativamente su proyecto educativo institucional mediante la incorporación sistémica de herramientas digitales, posicionándose como referente regional en integración pedagógica de tecnología. El estudio contribuirá al desarrollo de competencias del siglo XXI en los estudiantes, preparándolos para un mundo cada vez más digitalizado. La experiencia generada facilitará el establecimiento de alianzas estratégicas con universidades, organizaciones no gubernamentales y empresas tecnológicas para el desarrollo sostenible del proyecto educativo. Además, el modelo desarrollado permitirá a la institución acceder a convocatorias de financiación

específicas para innovación educativa, potenciando su capacidad de gestión y desarrollo institucional. La investigación fortalecerá la identidad y el sentido de pertenencia de la comunidad educativa, al ser protagonista de un proceso de transformación pedagógica contextualizado y participativo.

### **1.5. Objeto de estudio.**

El objeto de estudio de esta investigación se centra en las herramientas digitales aplicadas a la enseñanza de las matemáticas. Este objeto de estudio representa un área del conocimiento caracterizada por la intersección de las tecnologías digitales con los procesos pedagógicos específicos de la educación matemática, configurando un dominio de investigación con fronteras definidas pero permeables a múltiples disciplinas conexas.

Las herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas constituyen un sistema complejo de recursos tecnológicos, estrategias metodológicas y prácticas educativas que transforman los procesos de construcción, transmisión y aplicación del conocimiento matemático. Este objeto de estudio abarca tanto las tecnologías específicas (software educativo, plataformas virtuales, aplicaciones móviles, dispositivos interactivos) como los usos pedagógicos que los docentes implementan en contextos educativos concretos.

Desde una perspectiva epistemológica, este objeto de estudio se posiciona en el paradigma construccionista, concibiendo las herramientas digitales no como meros instrumentos auxiliares, sino como elementos transformadores que reconfiguran la naturaleza misma del conocimiento matemático y las formas en que este se gestiona en la práctica docente. La complejidad de este objeto radica en su carácter multidimensional, que integra aspectos tecnológicos, pedagógicos, disciplinares y contextuales en una relación dinámica y sistémica.

La delimitación de este objeto de estudio permite examinar los procesos de apropiación tecnológica, las transformaciones en las prácticas pedagógicas y los mecanismos de gestión del conocimiento que emergen cuando los docentes de

matemáticas incorporan herramientas digitales en su labor profesional. A diferencia de aproximaciones más generales sobre tecnología educativa, este objeto se enfoca específicamente en las particularidades del conocimiento matemático y las formas en que las herramientas digitales modifican su conceptualización, representación, exploración y comunicación en contextos educativos.

En síntesis, el objeto de estudio de esta investigación representa un constructo teórico-práctico que permite analizar sistemáticamente la integración de las herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas, considerando tanto sus dimensiones instrumentales como sus implicaciones epistemológicas, pedagógicas y socioeducativas en la gestión del conocimiento matemático desde la perspectiva de la práctica docente.

### **1.6. Campo de acción.**

El campo de acción de la presente investigación se circunscribe específicamente a los procesos de integración y apropiación de herramientas digitales en la mediación pedagógica. Este ámbito comprende los mecanismos y estrategias utilizados por los docentes para la implementación de tecnologías digitales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, así como la transformación epistemológica y metodológica que dicha implementación genera en la construcción, transmisión y difusión del conocimiento disciplinar. Se focaliza particularmente en las interacciones didácticas mediadas por herramientas digitales que ocurren en el contexto de la educación rural, específicamente en la Institución Educativa La Cruzada, donde convergen factores contextuales específicos como limitaciones de infraestructura tecnológica, variabilidad en competencias digitales docentes y necesidades formativas particulares de la población estudiantil. Este campo de acción delimita el estudio a los fenómenos de adaptación, transformación e innovación pedagógica que experimentan los docentes de matemáticas al integrar recursos digitales en sus prácticas profesionales, considerando tanto los aspectos instrumentales como las dimensiones cognitivas, sociales y epistemológicas de dicha integración.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1. Objetivo General.**

Diseñar un modelo pedagógico de herramientas digitales para el mejoramiento del proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada. Remedios-Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025.

### **1.7.2. Objetivos específicos.**

1. Identificar las metodologías pedagógicas más utilizadas por los docentes de la Institución Educativa Rural La Cruzada en la enseñanza de las matemáticas en los niveles de *educación básica* secundaria y media.

2. Determinar los factores pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas en los niveles de *educación básica* secundaria y media.

3. Sistematizar los fundamentos teóricos-pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza de las matemáticas.

4. Elaborar un modelo pedagógico con criterios de calidad educativa para el mejoramiento del proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada.

## **1.8. Hipótesis.**

Un modelo pedagógico basado en el uso de herramientas digitales contribuye a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica, Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada. Remedios-Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025.

### **1.9. Alcance temático.**

La presente investigación delimita su alcance teórico, metodológico y práctico al estudio fenomenológico de los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas. Desde la perspectiva teórica, el estudio se circunscribe al paradigma construccionista social, con énfasis en las teorías del Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK) y el enfoque documental para la gestión del conocimiento matemático. Se analizan los procesos de instrumentación y orquestación en contextos educativos digitales, examinando específicamente la transformación de prácticas pedagógicas mediadas por tecnología.

Metodológicamente, la investigación se limita al análisis fenomenológico interpretativo de las experiencias vividas por docentes de matemáticas en el contexto específico de la Institución Educativa La Cruzada, ubicada en zona rural del departamento de Antioquia, Colombia. El estudio no pretende generalizar resultados a otros contextos educativos, sino comprender en profundidad las dimensiones experienciales de la integración tecnológica en un entorno con características socioeconómicas y de infraestructura particulares.

En el ámbito práctico, el alcance se concentra en tres categorías fundamentales: 1) uso y apropiación de herramientas digitales, 2) construcción y transmisión del conocimiento matemático, y 3) colaboración e intercambio de conocimientos. El estudio examina específicamente herramientas digitales accesibles en contextos de conectividad limitada, sin abordar tecnologías emergentes como inteligencia artificial, realidad aumentada o realidad virtual que requieren infraestructura avanzada. Asimismo, se enfoca en las prácticas docentes en los niveles de educación básica secundaria y media, excluyendo deliberadamente otros niveles educativos.

La investigación delimita temporalmente su análisis al período 2020-2024, correspondiente a la implementación del proyecto institucional de integración tecnológica en el área de matemáticas, capturando así las experiencias docentes durante

la transición acelerada hacia entornos digitales impulsada por la pandemia COVID-19 y su posterior evolución hacia modelos híbridos de enseñanza-aprendizaje.

### **1.10. Delimitación Espacial y Temporal.**

La presente investigación se circunscribe espacialmente a la Institución Educativa La Cruzada, establecimiento de carácter público ubicado en la zona rural del municipio de Remedios, en la subregión del Nordeste del departamento de Antioquia, Colombia. Esta delimitación espacial obedece a criterios metodológicos de accesibilidad, representatividad y pertinencia, considerando que dicha institución presenta características particulares en términos de infraestructura tecnológica, contexto socioeconómico y prácticas pedagógicas que permiten examinar el fenómeno de estudio en un entorno educativo rural con limitaciones y desafíos específicos para la integración de herramientas digitales.

La institución atiende a una población estudiantil proveniente principalmente de familias dedicadas a actividades del sector primario (minería y agricultura), con niveles socioeconómicos clasificados mayoritariamente en los estratos 1 y 2, según la estratificación socioeconómica colombiana. Cuenta con una planta docente de 32 profesores, de los cuales 8 pertenecen al área de matemáticas y ciencias exactas, quienes constituyen la unidad de análisis principal de este estudio.

Respecto a la delimitación temporal, el estudio comprende el período académico 2023-2024, específicamente desde agosto de 2023 hasta junio de 2024, abarcando dos semestres lectivos completos. Este marco temporal permite capturar la evolución de las prácticas docentes en el uso de herramientas digitales durante un ciclo escolar completo, considerando la implementación del proyecto institucional de integración tecnológica iniciado en 2020 y las adaptaciones pedagógicas desarrolladas por los docentes durante este período.

La selección de este horizonte temporal responde a la necesidad de obtener datos actualizados sobre el fenómeno estudiado, considerando los rápidos cambios en las tecnologías educativas y las prácticas pedagógicas asociadas, particularmente en el

contexto post-pandemia que ha acelerado la adopción de herramientas digitales en entornos educativos rurales. Asimismo, este período permite analizar la implementación del Plan Estratégico Institucional 2023-2026, que incluye entre sus ejes prioritarios el fortalecimiento de competencias digitales en docentes y estudiantes.

Esta delimitación espacio-temporal proporciona un marco contextual específico y acotado para el estudio fenomenológico de los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la perspectiva de los docentes de matemáticas, facilitando la obtención de datos significativos y situados en un entorno educativo con características particulares que representan los desafíos contemporáneos de la educación rural colombiana.

## **CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales.**

En el presente capítulo se establece la estructura teórico-conceptual que sustenta esta investigación. Se procede a la delimitación y operacionalización de los constructos fundamentales inherentes a la temática abordada, proporcionando definiciones operativas y contextualizadas. Adicionalmente, se realiza una revisión sistemática de la literatura empírica precedente, identificando estudios análogos que constituyen el estado del arte en el campo. La estructura de este capítulo comprende: (1) El marco teórico subyacente, donde se explicita el paradigma educativo que informa la investigación, delineando sus postulados principales y su relevancia para el objeto de estudio; (2) El marco conceptual, que examina las categorías; y (3) El marco referencial, que presenta una síntesis de las investigaciones empíricas previas, analizando sus metodologías, hallazgos y limitaciones, y estableciendo su conexión con la problemática actual.

### **2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).**

La integración de herramientas digitales en la educación matemática ha emergido como uno de los desafíos más significativos de la educación contemporánea, particularmente en el contexto de la transformación digital acelerada por eventos globales recientes. Las organizaciones internacionales han reconocido la importancia fundamental de este fenómeno y han desarrollado marcos normativos comprehensivos para abordar los desafíos y oportunidades que presenta esta transformación educativa. La UNESCO (2006) documentó en su análisis comparativo de la integración de las TIC en la escuela y formación docente en América Latina que, aunque muchos países habían realizado inversiones significativas en infraestructura tecnológica, la integración efectiva de estas herramientas en la práctica pedagógica constituía un desafío mayor que requería aproximaciones sistemáticas y contextualizadas. Este informe señaló disparidades entre la disponibilidad de recursos tecnológicos y su aprovechamiento pedagógico efectivo.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos ha proporcionado evidencia empírica sobre el uso de tecnología en educación matemática a través del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (OCDE, 2005). Los

resultados del estudio "Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us" encontraron que aunque el acceso a tecnología había mejorado considerablemente en muchos países, persistían disparidades significativas en cuanto a la frecuencia, calidad y efectividad del uso de estas herramientas en la enseñanza matemática.

El informe documentó que el mero acceso a tecnología no garantiza mejoras en el aprendizaje, sino que requiere integración pedagógica reflexiva y contextualizada. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe complementó esta perspectiva internacional con un enfoque regional específico (CEPAL, 2010). El análisis exhaustivo presentado en "La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: Una mirada multidimensional" documentó los avances y desafíos en la incorporación de las TIC en los sistemas educativos regionales, destacando la necesidad de políticas que trascienden la provisión de infraestructura para incluir formación docente, desarrollo de contenidos digitales pertinentes y evaluación sistemática del impacto en el aprendizaje matemático.

Los marcos teóricos internacionales proporcionan fundamentación conceptual para comprender los procesos complejos de integración tecnológica en matemáticas. Hoyles y Lagrange (2010) desarrollaron una investigación panorámica que ofreció una visión integral de los desafíos y oportunidades que presenta la tecnología en la educación matemática global, destacando la necesidad de repensar no solamente las prácticas pedagógicas tradicionales, sino también los contenidos curriculares, objetivos de aprendizaje y modalidades de evaluación en un mundo cada vez más digitalizado.

Su trabajo estableció que la integración tecnológica efectiva requiere la reconceptualización de la naturaleza misma del conocimiento matemático y los procesos óptimos para su construcción y transmisión. Drijvers et al. (2010) examinaron diferentes marcos teóricos para comprender la integración tecnológica en educación matemática, proponiendo un enfoque comprensivo que considera la interacción compleja entre docente, estudiante, contenido matemático y herramienta tecnológica como unidad sistémica de análisis, proporcionando una base conceptual para comprender los procesos

de instrumentación y orquestación instrumental que caracterizan la práctica pedagógica mediada por tecnología.

El construccionismo social ha emergido como paradigma explicativo fundamental para comprender las transformaciones que las herramientas digitales generan en la construcción del conocimiento matemático. Borba y Villarreal (2005) desarrollaron una perspectiva innovadora argumentando que las herramientas digitales no constituyen meros auxiliares en el proceso de aprendizaje, sino que se convierten en parte integral de la construcción del conocimiento matemático, generando lo que denominan "humanos-con-medios" como nueva unidad de análisis para comprender el pensamiento matemático contemporáneo.

Esta perspectiva tiene implicaciones profundas para la gestión del conocimiento en la práctica docente, pues sugiere que los educadores deben reconceptualizar no sólo sus metodologías, sino también sus concepciones epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento matemático en entornos digitalmente mediados. Papert y Harel (2020) complementaron esta perspectiva desde el construccionismo, estableciendo que el aprendizaje matemático se potencia cuando los estudiantes construyen activamente objetos digitales significativos, trascendiendo así las limitaciones del constructivismo tradicional para incluir dimensiones tecnológicas y sociales específicas.

Las investigaciones sistemáticas han documentado patrones consistentes y tendencias emergentes en la implementación de tecnologías educativas matemáticas. Ricce y Ricce (2021) realizaron una revisión sistemática analizando los juegos didácticos como recurso para el aprendizaje de matemáticas en educación primaria, empleando un enfoque cualitativo de análisis documental con nueve artículos científicos seleccionados mediante criterios rigurosos de inclusión y exclusión. Los autores encontraron que los juegos didácticos, tanto digitales como no digitales, mejoran el aprendizaje matemático al fomentar la motivación intrínseca, pensamiento crítico y desarrollo de habilidades numéricas específicas, estableciendo además que las herramientas tecnológicas potencian estos efectos al brindar entornos interactivos y desafiantes que promueven la vinculación cultural y la interacción social.

Delgado y Chicaiza (2022) desarrollaron una revisión sistemática para analizar las aportaciones de la gamificación y herramientas tecnológicas a la enseñanza-aprendizaje matemática, examinando 20 artículos científicos indexados en Scopus, DOAJ, Web of Science y Dialnet publicados entre 2015 y 2022, estableciendo criterios metodológicos rigurosos para la selección y análisis de la evidencia empírica disponible.

Los marcos teóricos sobre gestión del conocimiento han evolucionado para incorporar dimensiones tecnológicas específicas que responden a las características de la sociedad digital contemporánea. Hvorecký y Korenova (2023) desarrollaron un estudio empírico que examina la calidad de los libros de texto desde la perspectiva de la gestión del conocimiento, identificando conceptos y estilos que conducen a resultados estudiantiles equivalentes a los de la educación presencial, sugiriendo estrategias para equilibrar el conocimiento explícito y tácito necesario para lograr objetivos de aprendizaje matemático en entornos híbridos. Su investigación aporta comprensiones sobre cómo los impulsos mentales facilitados por herramientas digitales pueden compensar limitaciones de la educación a distancia.

Flórez y Fernández (2021) realizaron una revisión bibliográfica comprehensiva sobre comunidades de práctica en el contexto educativo colombiano, analizando 70 documentos para construir un panorama sobre los efectos de configurar comunidades de práctica en la enseñanza matemática, documentando que estas comunidades promueven la reflexión docente sistemática, intercambio de saberes contextualizado y desarrollo de confianza profesional, fortaleciendo las prácticas pedagógicas matemáticas mediante procesos colaborativos de construcción de conocimiento.

Las experiencias fundacionales en contextos específicos han proporcionado comprensiones empíricas sobre procesos de adaptación tecnológica en diferentes entornos educativos. Parra y Rengifo (2021) analizaron las prácticas pedagógicas innovadoras mediadas por TIC en una institución educativa de Popayán, Cauca, empleando un diseño cualitativo biográfico-narrativo con alcance descriptivo que permitió capturar las experiencias vividas de tres docentes seleccionados

intencionalmente. Los autores documentaron que los docentes aplican innovación incremental dentro del aula mediante herramientas digitales como apoyo a procesos de enseñanza-aprendizaje, aunque identificaron limitaciones en la utilización de herramientas Web 2.0 y Entornos Virtuales de Aprendizaje debido a problemas de conectividad y resistencia al cambio institucional.

Sus hallazgos sugieren que las herramientas digitales contribuyen significativamente a la motivación e interés estudiantil, así como a mejoras en el rendimiento académico, pero requieren apoyo institucional sistemático para maximizar su potencial transformador. Villanueva (2021) desarrolló un estudio fenomenológico en Valparaíso, Chile, analizando las prácticas pedagógicas de seis docentes de enseñanza básica en entornos virtuales de aprendizaje, utilizando entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido para capturar las experiencias subjetivas de los participantes.

Las investigaciones sobre competencias docentes y transformación pedagógica han establecido marcos de referencia que orientan el desarrollo profesional en contextos tecnológicos. Prada et al. (2021) investigaron la gamificación y evaluación formativa en herramientas web 2.0 en Cúcuta, Colombia, utilizando un diseño de investigación-acción con una muestra de 30 estudiantes y un docente, aplicando estadística descriptiva y prueba ANOVA para el análisis de datos cuantitativos. Los autores encontraron que la evaluación formativa en herramientas web gamificadas depende críticamente de los métodos de retroalimentación utilizados por el docente para responder a las inquietudes y solicitudes estudiantiles, estableciendo que el incremento de elementos gamificados junto con evaluación formativa en contextos digitales genera cambios significativos en el aprendizaje matemático que trascienden las mejoras superficiales para incluir transformaciones en la comprensión conceptual y procedimental. Advíncula et al. (2021) diseñaron un cuestionario cualitativo para aproximar el conocimiento matemático de profesores de secundaria sobre la parábola, basándose en el modelo MTSK (Mathematical Teacher's Specialised Knowledge), adaptando categorías e indicadores mediante procesos rigurosos de triangulación interna y externa con expertos especialistas en educación matemática.

El modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ha emergido como marco explicativo fundamental para comprender las competencias docentes necesarias para la integración tecnológica efectiva. Mishra y Koehler (2006) establecieron que la enseñanza efectiva con tecnología requiere la intersección dinámica entre conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar, configurando un marco que trasciende la mera capacitación técnica para incluir comprensiones profundas sobre las interacciones complejas entre estos dominios de conocimiento.

Su modelo ha sido refinado y contextualizado por numerosos investigadores, estableciendo que el desarrollo de competencias TPACK requiere experiencias formativas que integren teoría y práctica de manera sistemática y reflexiva. Koehler et al. (2019) actualizaron el marco TPACK incorporando dimensiones de conocimiento contextual que reconocen la importancia de factores institucionales, culturales y socioeconómicos en los procesos de integración tecnológica, estableciendo que las competencias docentes deben adaptarse a las características específicas de cada entorno educativo para maximizar su efectividad.

## **2.2. Marco Teórico.**

El construccionismo de Papert & Harel (2020) establece que el aprendizaje ocurre de manera más efectiva cuando los estudiantes participan activamente en la construcción de objetos tangibles o digitales que pueden compartir con otros, trascendiendo así los límites del constructivismo tradicional. De acuerdo con Papert & Harel (2020), la construcción del conocimiento matemático se desarrolla mediante la creación y manipulación de artefactos computacionales que permiten a los estudiantes exteriorizar y reflexionar sobre sus ideas matemáticas, estableciendo conexiones significativas con conceptos abstractos y desarrollando habilidades de pensamiento de orden superior a través de la programación y el uso de herramientas digitales. Esta perspectiva teórica enfatiza el rol fundamental de las herramientas digitales como mediadoras en la construcción del conocimiento matemático, facilitando la exploración sistemática, experimentación dirigida y expresión creativa de ideas matemáticas complejas en entornos de aprendizaje tecnológicamente enriquecidos.

El enfoque construccionista proporciona un marco teórico robusto para comprender la integración de tecnologías digitales en el aprendizaje matemático, superando las limitaciones del constructivismo al enfatizar la importancia del contexto tecnológico. Los estudios de Ackermann (2021) demuestran que cuando los estudiantes utilizan herramientas digitales para crear proyectos significativos y personalmente relevantes, desarrollan una comprensión más profunda y duradera de los conceptos matemáticos al conectar el pensamiento abstracto con representaciones concretas y manipulables en entornos digitales interactivos que promueven la experimentación y el descubrimiento guiado. Este proceso de construcción activa del conocimiento mediante la tecnología permite a los estudiantes desarrollar modelos mentales más sofisticados y una mayor autonomía en su aprendizaje matemático, mientras adquieren competencias digitales esenciales para la sociedad contemporánea.

La teoría construccionista enfatiza la dimensión cultural y social del aprendizaje matemático mediado por tecnología en el contexto educativo contemporáneo. Según Kafai (2023), las prácticas matemáticas mediadas por herramientas digitales no solo facilitan la comprensión conceptual, sino que también promueven el desarrollo de nuevas formas de pensamiento matemático, habilidades metacognitivas y capacidades de resolución de problemas que son fundamentales en los entornos digitales actuales donde el conocimiento se construye de manera colaborativa y se comparte en comunidades de práctica virtuales. Esta perspectiva teórica proporciona un marco comprensivo para entender cómo estudiantes y docentes pueden aprovechar los alcances de las herramientas digitales para crear experiencias de aprendizaje matemático más significativas, auténticas y conectadas con las prácticas culturales y profesionales del mundo digital.

El construccionismo reconoce la centralidad del aprendizaje colaborativo y la interacción social en entornos digitales como elementos catalizadores del desarrollo matemático. Las investigaciones de Resnick (2022) evidencian que cuando los estudiantes colaboran en proyectos matemáticos mediados por tecnología y comparten sus creaciones digitales con una comunidad más amplia, desarrollan no solo competencias matemáticas fundamentales sino también habilidades esenciales de

pensamiento computacional, resolución creativa de problemas y comunicación matemática efectiva a través de diferentes representaciones y medios digitales. Esta dimensión social del aprendizaje construccionista se potencia mediante el uso de herramientas digitales que facilitan la comunicación sincrónica y asincrónica, la colaboración remota y la compartición de ideas matemáticas entre estudiantes y docentes en espacios virtuales de aprendizaje.

La aplicación del construccionismo en la educación matemática contemporánea implica una profunda reconceptualización del rol docente y las prácticas pedagógicas tradicionales. Los trabajos de Brennan (2021) señalan que los docentes en entornos construccionistas actúan como facilitadores expertos y co-creadores de experiencias de aprendizaje, diseñando ambientes digitales que promueven la exploración matemática activa, la construcción colaborativa de conocimiento y el desarrollo de proyectos significativos que conectan las matemáticas con los intereses y experiencias de los estudiantes en el mundo digital. Esta transformación del rol docente requiere el desarrollo de nuevas competencias pedagógicas y tecnológicas para diseñar, implementar y evaluar experiencias de aprendizaje construccionistas efectivas en matemáticas, así como la capacidad de adaptar y personalizar las herramientas digitales para satisfacer las necesidades específicas de aprendizaje de los estudiantes.

La selección del construccionismo como marco teórico para esta investigación responde a su potencial único para explicar y analizar los procesos de integración de herramientas digitales en la práctica docente matemática en contextos educativos contemporáneos. La teoría construccionista proporciona elementos conceptuales fundamentales para comprender cómo los docentes pueden gestionar efectivamente el conocimiento matemático mediante tecnologías digitales, facilitando experiencias de aprendizaje más significativas y conectadas con las prácticas matemáticas actuales en entornos digitales. Esta perspectiva teórica resulta particularmente pertinente para analizar las transformaciones pedagógicas que experimentan los docentes al integrar herramientas digitales en su práctica profesional, considerando tanto las oportunidades como los desafíos que presenta la mediación tecnológica en la construcción del conocimiento matemático.

### **2.3. Marco Conceptual.**

El marco conceptual constituye una unidad del cuerpo teórico de esta investigación. Está conformado por el conjunto de conceptos interrelacionados que permiten comprender y delimitar el fenómeno de estudio sobre la integración de herramientas digitales en la gestión del conocimiento matemático, así como clarificar las variables implicadas. Su función es ofrecer una visión metódica de los elementos clave del problema, facilitando la interpretación y análisis de los fenómenos observados en la práctica docente rural. A continuación, se definen las principales categorías conceptuales que guían este trabajo.

#### ***2.3.1 Herramientas digitales en educación matemática***

Las herramientas digitales en educación matemática comprenden el conjunto de tecnologías, aplicaciones y recursos computacionales que los docentes utilizan para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos, procedimientos y representaciones matemáticas. Incluyen software especializado, aplicaciones móviles, plataformas virtuales y dispositivos interactivos que permiten la manipulación, visualización y exploración de objetos matemáticos (Hoyles & Lagrange, 2010). Según Drijvers et al. (2010), estas herramientas trascienden la función de meros instrumentos auxiliares para convertirse en medios que transforman la naturaleza de la actividad matemática, permitiendo nuevas formas de representación, experimentación y construcción de conocimiento.

Borba y Villarreal (2005) enfatizan que las tecnologías digitales reorganizan el pensamiento matemático al crear entornos donde los estudiantes pueden explorar conceptos mediante representaciones dinámicas e interactivas. La categorización de estas herramientas incluye software de geometría dinámica como GeoGebra, sistemas de álgebra computacional, aplicaciones de representación gráfica, entornos de programación educativa y plataformas de aprendizaje colaborativo que facilitan la construcción activa del conocimiento matemático. Ruthven (2012) destaca que su

implementación efectiva requiere comprensión profunda de sus potencialidades pedagógicas y limitaciones técnicas en contextos específicos.

### ***2.3.2 Gestión del conocimiento en la práctica docente matemática***

La gestión del conocimiento en la práctica docente matemática se refiere al proceso sistemático mediante el cual los educadores adquieren, desarrollan, organizan, comparten y aplican conocimientos relacionados con la enseñanza de las matemáticas. Este proceso integra el dominio disciplinar, las competencias pedagógicas y las habilidades tecnológicas necesarias para facilitar aprendizajes significativos (Mishra & Koehler, 2006). Ball, Thames y Phelps (2008) conceptualizan este fenómeno como el conocimiento matemático para la enseñanza, que incluye no solo el dominio de contenidos disciplinares sino también la comprensión de cómo los estudiantes aprenden matemáticas, las concepciones erróneas comunes y las estrategias efectivas para presentar conceptos complejos.

Trouche et al. (2020) amplían esta perspectiva mediante el enfoque documental, donde los docentes transforman recursos disponibles en documentos para la enseñanza a través de procesos de instrumentación que implican adaptación, contextualización y reflexión sobre la práctica pedagógica. La gestión efectiva del conocimiento matemático requiere competencias de curación de recursos, evaluación crítica de materiales digitales, adaptación contextual de contenidos y construcción colaborativa de saberes pedagógicos. Los docentes actúan como mediadores entre el conocimiento matemático formal y las necesidades específicas de aprendizaje de sus estudiantes, desarrollando repertorios de estrategias que consideran tanto las características disciplinares como las particularidades del contexto educativo.

### ***2.3.3 Construcciónismo en educación matemática***

El construcciónismo constituye un paradigma educativo que enfatiza el aprendizaje mediante la construcción activa de objetos tangibles o digitales que pueden ser compartidos y discutidos con otros. Papert y Harel (2020) proponen que el conocimiento matemático se desarrolla de manera más efectiva cuando los estudiantes

participan en la creación y manipulación de artefactos computacionales. Esta perspectiva teórica trasciende el constructivismo tradicional al incorporar la dimensión social y tecnológica del aprendizaje, donde las herramientas digitales funcionan como medios para exteriorizar ideas matemáticas y facilitar procesos de reflexión metacognitiva (Ackermann, 2021).

El construccionismo en matemáticas implica que los estudiantes desarrollen comprensión conceptual mediante experiencias de programación, modelización y creación de representaciones digitales que les permiten explorar relaciones matemáticas de manera experimental y creativa. Resnick (2022) documenta cómo la manipulación directa de objetos matemáticos digitales genera comprensión intuitiva que facilita la transición hacia conceptualizaciones abstractas más complejas. Los entornos construccionistas promueven aprendizaje activo donde los estudiantes asumen roles de investigadores que formulan hipótesis, experimentan con variables y construyen explicaciones sobre fenómenos matemáticos observados. Esta aproximación pedagógica es importante para el desarrollo de pensamiento computacional y competencias de resolución de problemas en contextos tecnológicos.

#### ***2.3.4 Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK)***

El Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK) representa un marco conceptual que describe la intersección entre el conocimiento del contenido matemático, el conocimiento pedagógico y el conocimiento tecnológico que los docentes requieren para integrar efectivamente las herramientas digitales en su práctica educativa. Mishra y Koehler (2006) proponen que la enseñanza efectiva con tecnología emerge de la interacción dinámica entre estos tres dominios de conocimiento. Koehler et al. (2019) refinan esta conceptualización enfatizando que este marco no constituye la simple adición de componentes sino la comprensión de cómo la tecnología puede transformar tanto el contenido como la pedagogía matemática.

Esta transformación implica reconceptualizar qué significa enseñar y aprender matemáticas en entornos digitales donde las representaciones tradicionales se enriquecen

con posibilidades de interactividad, dinamismo y manipulación directa. Niess (2011) destaca que el desarrollo de estas competencias requiere experiencias auténticas donde los docentes experimenten con herramientas tecnológicas, reflexionen sobre su potencial pedagógico y adapten sus estrategias de enseñanza según las capacidades específicas de cada herramienta. Los educadores deben desarrollar intuición sobre cuándo la mediación tecnológica enriquece el aprendizaje matemático y cuándo podría obstaculizar la comprensión conceptual, equilibrando innovación pedagógica con efectividad educativa demostrada.

### ***2.3.5 Apropiación tecnológica en contextos educativos***

La apropiación tecnológica se entiende como el proceso mediante el cual los docentes transforman artefactos tecnológicos en instrumentos pedagógicos a través de procesos de exploración, adaptación y utilización contextualizada. Rabardel (1995) conceptualiza este fenómeno como génesis instrumental, donde los usuarios desarrollan esquemas de uso que integran las funcionalidades técnicas con propósitos educativos específicos. En el contexto de la educación matemática, la apropiación implica que los docentes no solo dominen aspectos técnicos de las herramientas sino que desarrollen comprensión sobre cuándo, cómo y por qué utilizarlas para objetivos pedagógicos determinados (Goos & Bennison, 2008).

Gueudet y Trouche (2009) amplían esta perspectiva señalando que la apropiación tecnológica es un proceso colectivo donde los docentes construyen conocimiento mediante intercambio de experiencias, recursos y estrategias con colegas que enfrentan desafíos similares. La apropiación efectiva requiere tiempo para experimentación, reflexión sobre resultados pedagógicos y ajuste progresivo de estrategias según evidencia de efectividad en el aprendizaje estudiantil. Los docentes desarrollan gradualmente competencias de evaluación crítica de herramientas, selección contextual de tecnologías apropiadas y creación de secuencias didácticas que maximicen el potencial educativo de recursos digitales disponibles. Este proceso implica también desarrollo de autonomía tecnológica que permite adaptación creativa ante limitaciones técnicas o cambios en la disponibilidad de recursos.

### ***2.3.6 Comunidades de práctica en educación matemática***

Las comunidades de práctica constituyen grupos de profesionales que comparten preocupaciones, problemas o intereses comunes sobre un tema específico y que profundizan su conocimiento mediante interacción regular. Wenger (1998) identifica tres elementos característicos: dominio compartido de interés, comunidad de personas que interactúan y desarrollan relaciones, y práctica compartida mediante recursos, experiencias y formas de abordar problemas recurrentes. En educación matemática, estas comunidades facilitan el intercambio de estrategias pedagógicas, recursos didácticos y reflexiones sobre la práctica docente, contribuyendo al desarrollo profesional continuo (Jaworski, 2006). Las herramientas digitales amplían las posibilidades de participación al permitir colaboración sincrónica y asincrónica que trasciende limitaciones geográficas y temporales.

Borba y Llinares (2012) documentan cómo las comunidades virtuales de práctica permiten a los docentes de matemáticas acceder a experiencias diversas, compartir innovaciones pedagógicas y construir colectivamente conocimiento sobre integración tecnológica efectiva. Los miembros de estas comunidades desarrollan identidades profesionales enriquecidas mediante participación en discusiones especializadas, proyectos colaborativos y procesos de mentoría entre pares. La pertenencia a comunidades de práctica fortalece la confianza docente en la experimentación pedagógica y proporciona redes de apoyo para superar desafíos técnicos y metodológicos en la implementación de innovaciones educativas.

### ***2.3.7 Hibridación metodológica en educación rural***

La hibridación metodológica emerge como estrategia adaptativa que combina elementos pedagógicos tradicionales con incorporaciones tecnológicas específicas, creando síntesis contextualizadas que responden a limitaciones y oportunidades del entorno rural. Esta aproximación trasciende las dicotomías simplistas entre métodos tradicionales y digitales para generar modalidades integradas de enseñanza matemática. Los docentes rurales desarrollan secuencias didácticas que articulan explicación

conceptual tradicional, exploración digital interactiva y aplicación práctica contextualizada, maximizando el impacto educativo de recursos tecnológicos limitados (Parra & Rengifo, 2021). Esta hibridación requiere competencias específicas de adaptación pedagógica que permiten a los educadores rurales transformar restricciones contextuales en oportunidades de innovación, desarrollando estrategias creativas para integrar tecnología de manera efectiva y sostenible.

Las metodologías híbridas reconocen que la efectividad pedagógica no depende exclusivamente de la disponibilidad tecnológica sino de la capacidad docente para crear experiencias educativas coherentes que aprovechen tanto recursos tradicionales como digitales según objetivos de aprendizaje específicos. Los educadores desarrollan intuición sobre cuándo privilegiar explicaciones tradicionales para establecer fundamentos conceptuales y cuándo incorporar exploración digital para enriquecer comprensión mediante visualización y manipulación interactiva. Esta flexibilidad metodológica resulta fundamental en contextos rurales donde la conectividad intermitente y recursos limitados exigen adaptación constante de estrategias pedagógicas.

### ***2.3.8 Resiliencia tecnológica docente***

La resiliencia tecnológica docente se refiere a la capacidad de los educadores para mantener y desarrollar prácticas pedagógicas efectivas mediadas por tecnología a pesar de limitaciones infraestructurales, técnicas o formativas. Incluye habilidades de adaptación, creatividad pedagógica y persistencia ante obstáculos técnicos. Esta competencia implica desarrollo de estrategias alternativas, aprovechamiento creativo de recursos disponibles y mantenimiento de objetivos pedagógicos fundamentales independientemente de las fluctuaciones en el acceso tecnológico (Corrales, 2021). Los docentes rurales ejemplifican esta resiliencia mediante creación de contenidos sin conexión, establecimiento de protocolos de uso compartido de equipos y desarrollo de modalidades híbridas que funcionan tanto con tecnología como sin ella.

La resiliencia tecnológica incluye competencias de resolución de problemas técnicos básicos, gestión eficiente del tiempo tecnológico disponible y capacidad de mantener motivación estudiantil aun cuando surgen dificultades técnicas imprevistas. Los educadores resilientes desarrollan repertorios de actividades alternativas que pueden implementarse rápidamente cuando fallan los recursos digitales planificados, asegurando continuidad en los procesos de aprendizaje. Esta competencia también implica habilidades de comunicación efectiva con estudiantes sobre limitaciones tecnológicas, transformando obstáculos en oportunidades de aprendizaje sobre adaptabilidad y creatividad en la resolución de problemas.

### ***2.3.9 Instrumentalización creativa***

La instrumentalización creativa constituye el proceso mediante el cual los docentes desarrollan usos pedagógicos de herramientas digitales que frecuentemente trascienden las funcionalidades originalmente previstas por los diseñadores de software educativo. Implica adaptación contextual, innovación metodológica y contextualización cultural de recursos tecnológicos. Este fenómeno se manifiesta cuando los educadores adaptan herramientas genéricas a necesidades pedagógicas específicas, crean modalidades de uso no contempladas originalmente pero pedagógicamente efectivas, y desarrollan estrategias que consideran simultáneamente capacidades tecnológicas y características de sus estudiantes. La instrumentalización creativa evidencia competencias docentes de diseño colaborativo donde los educadores funcionan como co-creadores de soluciones tecnológicas contextualmente apropiadas y educativamente efectivas.

Los docentes que desarrollan instrumentalización creativa demuestran capacidades de análisis de necesidades pedagógicas específicas, evaluación crítica de funcionalidades tecnológicas disponibles y síntesis innovadora que genera nuevas posibilidades de uso educativo. Esta competencia es determinante en contextos rurales donde los recursos tecnológicos estándar frecuentemente requieren adaptación para responder a condiciones locales específicas de conectividad, disponibilidad de equipos y características socioculturales de los estudiantes. La instrumentalización creativa

contribuye al desarrollo de autonomía pedagógica y confianza docente en la experimentación con tecnologías educativas emergentes.

#### **2.4. Marco Contextual.**

La presente investigación se desarrolló en la Institución Educativa Rural La Cruzada, ubicada en el corregimiento La Cruzada del municipio de Remedios, en la subregión del Nordeste del departamento de Antioquia, Colombia. Esta institución pública de carácter oficial y naturaleza mixta atiende estudiantes en los niveles de preescolar, básica primaria, secundaria y media académica, bajo la modalidad académica en jornada completa, rigiéndose por el calendario A. La institución cuenta con una matrícula de 850 estudiantes para el año 2024, distribuidos en 32 grupos académicos y acompañados por un equipo docente de 32 profesores, de los cuales 8 pertenecen específicamente al área de matemáticas y ciencias exactas.

El contexto territorial donde se inserta la IER La Cruzada se caracteriza por una economía basada fundamentalmente en la minería y el comercio, con ausencia de agricultura consolidada y ganadería como actividad secundaria. El corregimiento ha sido históricamente afectado por el conflicto armado y actualmente hace parte de los municipios priorizados por el Estado colombiano para la implementación acelerada de proyectos de inversión social, educación y producción, según lo establecido en el Decreto 893 de 2017. Esta condición de priorización ha generado oportunidades de mejoramiento infraestructural y pedagógico que la institución ha comenzado a aprovechar para fortalecer sus procesos formativos.

La población estudiantil de la institución proviene mayoritariamente de familias pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1 y 2, caracterizadas por un alto grado de disfuncionalidad familiar donde predomina la estructura de familia maternal. El contexto social presenta desafíos significativos como altos índices de analfabetismo parental, trabajo rústico en las minas que genera poblaciones flotantes, y limitada sensibilidad hacia la lectura y el estudio personal. Estas condiciones sociofamiliares se ven agravadas por la influencia de problemáticas como los juegos de azar, el consumo de alcohol y el

tabaquismo, factores que inciden directamente en la inconstancia de los estudiantes respecto a sus compromisos escolares y repercuten negativamente en el desarrollo de sus potencialidades intelectuales.

Un aspecto destacable del contexto estudiantil es la presencia de un alto índice de estudiantes con necesidades educativas especiales y la notable diversidad en todas sus manifestaciones étnicas, culturales y socioeconómicas. Afortunadamente, la institución ha desarrollado una ruta de atención apropiada para la inclusión que facilita el abordaje pedagógico diferenciado y la atención integral a esta población diversa.

La investigación se focalizó específicamente en los niveles de educación Básica Secundaria y Media, desarrollándose durante el período académico 2024-2025, lo que permitió un análisis longitudinal de los procesos de integración de herramientas digitales en la enseñanza matemática. La elección de estos niveles educativos responde a la identificación, por parte del equipo directivo y docente, de la necesidad crítica de fortalecer las competencias matemáticas en estudiantes que se preparan para la educación superior o el mundo laboral, enfrentando las limitaciones propias del contexto rural en términos de conectividad, recursos tecnológicos y formación docente especializada.

En cuanto a su Proyecto Educativo Institucional, la IER La Cruzada ha establecido como propósito fundamental responder a las situaciones y necesidades específicas de los educandos de la comunidad local y regional, orientando sus esfuerzos hacia la formación integral que considere tanto las potencialidades como las limitaciones del entorno rural. La institución reconoce la urgente necesidad de actualizar sus enfoques pedagógicos para corresponder con las demandas del siglo XXI, integrando pedagogías vanguardistas, globalizantes e integradoras que aprovechen las herramientas digitales disponibles para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Este marco contextual delimita el escenario específico donde se implementará el modelo pedagógico CODAM (Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático) propuesto, caracterizado por las particularidades socioculturales, económicas y

educativas del entorno rural antioqueño. La comprensión de este contexto es fundamental para garantizar la pertinencia, viabilidad y sostenibilidad de las estrategias de transformación pedagógica propuestas, asegurando que respondan efectivamente a las necesidades reales de la comunidad educativa y aprovechen las oportunidades específicas del territorio para el mejoramiento de la calidad educativa en matemáticas.

## **2.5. Marco Legal y Normativo.**

### **2.5.1. Referentes normativos internacionales**

En el ámbito internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha establecido directrices significativas para la integración de tecnologías digitales en la educación. El Marco de Competencias de los Docentes en materia de TIC (UNESCO, 2019) constituye un referente fundamental que define los estándares de competencia digital que los educadores deben desarrollar para implementar efectivamente las tecnologías en su práctica profesional. Este marco establece tres niveles progresivos de apropiación tecnológica: adquisición de conocimientos, profundización del conocimiento y creación de conocimientos, que fundamentan teóricamente las dimensiones analizadas en este estudio sobre la gestión del conocimiento matemático mediante herramientas digitales.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) establece en su Objetivo 4 la necesidad de "garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos", especificando en la meta 4.4 la importancia de "aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento". Esta meta fundamenta normativamente los esfuerzos para desarrollar competencias digitales en docentes y estudiantes, respaldando la relevancia de investigaciones como la presente.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha desarrollado el Marco de Competencias Globales (OCDE, 2018), que incluye las competencias digitales como componente esencial para la educación del siglo XXI. Este marco establece parámetros para la evaluación y desarrollo de habilidades tecnológicas en contextos educativos, proporcionando fundamentación normativa internacional para los procesos de integración de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas analizados en este estudio.

### **2.5.2. Marco normativo nacional colombiano**

En el contexto colombiano, la Constitución Política de 1991 establece en su artículo 67 que "la educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura". Este mandato constitucional fundamenta la necesidad de incorporar herramientas digitales en la educación como medio para garantizar el acceso al conocimiento y la técnica en la sociedad contemporánea.

La Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación) establece en su artículo 5, numeral 13, como uno de los fines de la educación "la promoción en la persona y en la sociedad de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país y le permita al educando ingresar al sector productivo". Esta disposición respalda normativamente la incorporación de tecnologías digitales en la práctica docente, incluyendo la enseñanza de las matemáticas, como medio para desarrollar capacidades de investigación y adopción tecnológica.

El Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 (MEN, 2017) establece como sexto desafío estratégico "impulsar el uso pertinente, pedagógico y generalizado de las nuevas y diversas tecnologías para apoyar la enseñanza, la construcción de conocimiento, el aprendizaje, la investigación y la innovación, fortaleciendo el desarrollo para la vida". Este lineamiento de política educativa nacional proporciona sustento normativo a la integración de herramientas digitales en la gestión del conocimiento matemático, objeto de análisis en esta investigación.

La Ley 1341 de 2009, modificada por la Ley 1978 de 2019 (Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), establece en su artículo 2, numeral 7, como principio orientador "el derecho a la comunicación, la información y la educación y los servicios básicos de las TIC", y específicamente determina que "el Estado propiciará a todo colombiano el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, que permitan el ejercicio pleno de los siguientes derechos: la libertad de expresión y de difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir información veraz e imparcial, la educación y el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura". Esta normativa fundamenta jurídicamente el derecho de docentes y estudiantes a acceder y utilizar herramientas digitales en los procesos educativos.

El Decreto 1236 de 2020, que reglamenta la organización y el funcionamiento del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, establece en su artículo 2.2.13.1.3 que el Estado colombiano deberá "promover el desarrollo de las capacidades para el aprovechamiento de la ciencia, la tecnología, la innovación y las Tecnologías de Información y Comunicaciones". Esta disposición proporciona sustento normativo a los esfuerzos institucionales para fortalecer las competencias digitales de los docentes y su capacidad para gestionar el conocimiento matemático mediante herramientas tecnológicas.

### **2.5.3. Políticas educativas específicas para la integración de TIC en la educación matemática**

El Ministerio de Educación Nacional ha desarrollado los "Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas" (MEN, 2006), que establecen la importancia de incorporar tecnologías en la enseñanza de esta disciplina: "Se hace necesario que en los procesos de enseñanza de las matemáticas se asuma la clase como una comunidad de aprendizaje donde docentes y estudiantes interactúan para construir y validar conocimiento, para ejercer la iniciativa y la crítica y para aplicar ese conocimiento en diversas situaciones y contextos" (p. 48). Este lineamiento curricular fundamenta

normativamente la integración de herramientas digitales como medio para construir comunidades de aprendizaje matemático.

El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad" (DNP, 2019) establece en su Pacto VII "Por la transformación digital de Colombia", Línea B "Hacia una sociedad digital e industria 4.0", el objetivo de "impulsar la transformación digital de la administración pública, el sector privado y los territorios". Este lineamiento de política pública fundamenta la necesidad de investigar y fortalecer la integración de herramientas digitales en todos los ámbitos sociales, incluida la educación matemática.

La Resolución 18583 de 2017 del Ministerio de Educación Nacional, que establece las características específicas de calidad para los programas de licenciatura, incluye como componente fundamental de formación las "Competencias en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación", determinando que los programas de formación docente deben desarrollar en los futuros educadores "capacidades para apropiarse e integrar las tecnologías de la información y la comunicación en el desarrollo de los procesos educativos". Esta normativa fundamenta la relevancia de investigaciones como la presente, que analiza los procesos de apropiación e integración tecnológica en la práctica docente.

La política "Colombia Aprende" y el programa "Computadores para Educar" constituyen iniciativas gubernamentales que materializan el compromiso del Estado colombiano con la integración de tecnologías digitales en la educación. Estos programas proporcionan tanto infraestructura tecnológica como formación docente en competencias digitales, estableciendo un marco de acción institucional que respalda la implementación de innovaciones pedagógicas mediadas por tecnología en la enseñanza de las matemáticas.

#### **2.5.4. Normatividad institucional**

En el ámbito institucional de la Institución Educativa La Cruzada, contexto específico de esta investigación, el Proyecto Educativo Institucional (PEI) establece en

su componente pedagógico la importancia de "incorporar las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas para el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje". Este lineamiento institucional proporciona respaldo normativo interno a las iniciativas de integración de herramientas digitales en la práctica docente de matemáticas.

El Plan de Gestión de Uso de TIC de la institución (2022-2025) establece como objetivo estratégico "fortalecer las competencias digitales de los docentes para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en todas las áreas académicas". Este documento institucional proporciona directrices específicas para la implementación de tecnologías digitales en la práctica pedagógica, incluyendo indicadores y metas que orientan la gestión del conocimiento mediante herramientas digitales.

El conjunto de disposiciones normativas presentadas constituye el fundamento jurídico y de política pública que respalda y orienta los procesos de integración de herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas, objeto de análisis en esta investigación. Este marco normativo establece no sólo la legitimidad de estos procesos, sino también los parámetros y objetivos que deben guiar su implementación efectiva en el contexto educativo colombiano.

A manera de conclusión de este capítulo, y tras examinar los diversos conceptos relacionados con el tema de estudio, se ha analizado una vasta cantidad de información acerca de los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento, destacando numerosos enfoques teóricos que subrayan los desafíos y oportunidades de su uso en el ámbito educativo. Además, se ha constatado la presencia de diversas estrategias vinculadas al empleo de dispositivos digitales variados en el aula, los cuales respaldan los procesos de enseñanza-aprendizaje y promueven una evolución hacia un enfoque más formativo, distanciándose gradualmente de métodos de enseñanza más tradicionales.

### **Capítulo 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.**

En este capítulo se exponen los fundamentos metodológicos adoptados y los resultados obtenidos a través del trabajo de campo. Este capítulo inicia con la operacionalización de variables que estructuran el estudio, seguida por la explicitación del diseño metodológico que incluye la definición del enfoque cualitativo fenomenológico, los métodos y técnicas de obtención de datos, así como los criterios de selección de la muestra participante. Posteriormente se presenta el desarrollo del trabajo de campo realizado en la Institución Educativa Rural La Cruzada, la aplicación de instrumentos de recolección de información y los procedimientos de procesamiento de datos. La sección central del capítulo corresponde al análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, organizados según los objetivos específicos de la investigación, donde se documentan las experiencias, percepciones y transformaciones pedagógicas de los docentes participantes. Finalmente, se desarrolla la redacción de resultados y su discusión, contrastando los hallazgos empíricos con los marcos teóricos referenciales que fundamentan el estudio.

#### **3.1. Cuadro Operacionalización de variables**

Tabla 1. Operacionalización de las variables del estudio

<b>Operacionalización de Variables</b>						
<b>Tema: Modelo pedagógico de herramientas digitales para el mejoramiento del proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural la Cruzada, Antioquía, Colombia, período 2024-2025.</b>						
<b>Pregunta de investigación</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables estudiadas</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<b>¿Cómo se puede contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural la Cruzada? Remedios-Antioquia, Colombia,</b>	Diseñar un modelo pedagógico de herramientas digitales para el mejoramiento del proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada.	Objetivo específico 1 Identificar las metodologías pedagógicas más utilizadas por los docentes de la Institución Educativa Rural La Cruzada en la enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación básica secundaria y media.	Un modelo pedagógico basado en el uso de herramientas digitales contribuye a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación básica secundaria y media de la Institución Educativa Rural La Cruzada. Remedios-Antioquia,	<b>Variable independiente : Herramientas digitales en la práctica docente de matemáticas</b>	1.1 Uso y apropiación de herramientas digitales	1.1.1 Tipos de herramientas digitales utilizadas en la enseñanza de las matemáticas
						1.1.2 Frecuencia y propósito de uso de las herramientas digitales
						1.1.3 Nivel de competencia digital de los docentes
					1.2 Percepciones y vivencias de los docentes	1.2.1 Actitudes y creencias hacia las herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas
						1.2.2 Motivaciones y barreras para la adopción de herramientas digitales
						1.2.3 Impacto percibido de las herramientas digitales en la práctica docente

<b>durante el período 2024-2025?</b>	Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025.		Colombia, durante el período 2024-2025.		1.3 Adaptación y transformación de la práctica pedagógica	1.3.1 Cambios en las estrategias de enseñanza y aprendizaje
				1.3.2 Integración de las herramientas digitales en el currículo de matemáticas		
				1.3.3 Evaluación y retroalimentación mediante herramientas digitales		
					2.1 Construcción y transmisión del conocimiento matemático	2.1.1 Uso de herramientas digitales para la representación y visualización de conceptos matemáticos
						2.1.2 Desarrollo de materiales didácticos digitales
						2.1.3 Fomento del aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico a través de herramientas digitales
		<b>Variable(s) dependiente(s) : . Gestión del conocimiento en la práctica docente de matemáticas</b>	2.2.1 Participación en comunidades virtuales de aprendizaje y práctica			
			2.2.2 Uso de herramientas digitales para la comunicación y el trabajo colaborativo entre docentes			

Objetivo específico 2  
Determinar los factores pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas en los niveles

						2.2.3 Intercambio de recursos y experiencias pedagógicas a través de plataformas digitales
		Objetivo específico 3 Sistematizar los fundamentos teóricos-pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza de las matemáticas.				2.3.1 Creación de contenido digital para la enseñanza de las matemáticas
		Objetivo específico 4 Elaborar un modelo pedagógico			2.3 Generación, organización y difusión del conocimiento matemático	2.3.2 Uso de repositorios y bases de datos para la gestión del conocimiento matemático
						2.3.3 Difusión de investigaciones y experiencias docentes a través de medios digitales

		con criterios de calidad educativa para el mejoramiento del proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada.				
--	--	---	--	--	--	--

## **3.2. Diseño metodológico.**

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

#### **3.2.1.1. Enfoque de investigación cualitativo**

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo, entendido como la aproximación que busca comprender los fenómenos desde la perspectiva de quienes los experimentan, priorizando la comprensión profunda sobre la medición y generalización (Creswell & Poth, 2016). El enfoque cualitativo resulta apropiado para esta investigación pues permite explorar las experiencias vividas por los docentes de matemáticas en relación con el uso de herramientas digitales y su impacto en la gestión del conocimiento. Como señalan Stake (2020) y Kvale & Brinkmann (2009), este enfoque facilita la captura de significados complejos, percepciones subjetivas y procesos interpretativos que caracterizan las experiencias humanas en contextos específicos.

#### **3.2.1.2. Diseño fenomenológico de investigación**

El diseño de investigación fenomenológico, propuesto por Husserl (1970) y desarrollado por autores contemporáneos como Giorgi (2009) y Van Manen (2016), constituye la estrategia metodológica central del estudio. Este diseño busca explorar y describir las experiencias vividas por los docentes al integrar herramientas digitales en su práctica pedagógica, accediendo a la esencia de los fenómenos tal como son experimentados por quienes los viven. Moustakas (1994) y Finlay & Gough (2008) destacan que el diseño fenomenológico permite suspender juicios previos del investigador y centrarse en las descripciones puras de las experiencias, facilitando así la comprensión de cómo los docentes construyen significados en torno a la gestión del conocimiento matemático en entornos digitales.

#### **3.2.1.3. Tipo de investigación descriptiva con carácter propositivo**

El tipo de investigación se define como descriptiva con carácter propositivo. Según Patton (2015) y Robinson (2014), la investigación descriptiva busca caracterizar sistemáticamente fenómenos sin establecer relaciones causales estrictas, enfocándose en

el "qué" y "cómo" de las experiencias estudiadas. El carácter propositivo, siguiendo a Hernández et al. (2014), se manifiesta en la orientación hacia el diseño de un modelo pedagógico basado en los hallazgos obtenidos. Como explican LeBlanc (2010) y DiCicco & Crabtree (2006), este tipo de investigación permite no sólo describir y comprender fenómenos complejos, sino también generar propuestas de transformación contextualmente relevantes que respondan a las necesidades identificadas en el estudio.

#### **3.2.1.4. Fundamentación epistemológica del diseño metodológico**

La selección de estos componentes metodológicos responde a criterios epistemológicos específicos. El paradigma interpretativo que subyace a la investigación cualitativa fenomenológica, como señalan Morse (2015) y Guest et al. (2006), privilegia la comprensión intersubjetiva sobre la explicación causal, la riqueza descriptiva sobre la generalización estadística, y la contextualización situada sobre la estandarización. Este posicionamiento epistemológico es coherente con el objetivo de comprender en profundidad las experiencias docentes con herramientas digitales, reconociendo que estas experiencias están mediadas por contextos específicos, historias personales y significados construidos socialmente.

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

##### **3.2.2.1. Marco conceptual de métodos, técnicas e instrumentos**

En esta investigación se emplean métodos, técnicas e instrumentos específicos que permiten abordar la realidad desde una perspectiva cualitativa e interpretativa. Los métodos se entienden como las formas sistemáticas de aproximarse al fenómeno estudiado para descubrir su esencia y relaciones (Creswell & Poth, 2016), mientras que las técnicas constituyen operaciones específicas para obtener, procesar y analizar datos científicos (Kvale & Brinkmann, 2009). Los instrumentos representan la concreción práctica de métodos y técnicas en herramientas específicas de recolección de datos.

##### **3.2.2.2. Métodos de obtención del conocimiento teórico**

Los métodos de obtención del conocimiento teórico empleados incluyen el método histórico-lógico para analizar la evolución del fenómeno de integración de herramientas digitales en la educación matemática, y el método analítico-sintético para descomponer las experiencias docentes en sus elementos constitutivos y posteriormente sintetizarlas en unidades comprensibles. El enfoque de sistema permite examinar las interrelaciones entre herramientas digitales, prácticas pedagógicas y gestión del conocimiento como un todo coherente. Siguiendo a Giorgi (2009) y Van Manen (2016), estos métodos teóricos facilitan la fundamentación epistemológica y conceptual del estudio, permitiendo establecer relaciones entre objetos, fenómenos y procesos desde el pensamiento abstracto hacia la comprensión del objeto de estudio.

### **3.2.2.3. Método fenomenológico y técnica de entrevista semiestructurada**

En el nivel empírico, se utiliza principalmente el método fenomenológico de investigación, que busca acceder a las experiencias vividas de los docentes tal como son experimentadas por ellos mismos (Moustakas, 1994; Husserl, 1970). La técnica específica de obtención de datos es la entrevista semiestructurada, seleccionada por su capacidad para capturar la riqueza de las experiencias subjetivas y permitir la exploración profunda de significados (DiCicco & Crabtree, 2006; Smith, 2017). Esta técnica permite a los docentes expresar libremente sus vivencias, opiniones y reflexiones sobre el uso de herramientas digitales en su práctica pedagógica y su impacto en la gestión del conocimiento matemático.

### **3.2.2.4. Instrumento de recolección de datos: guion de entrevista semiestructurada**

El instrumento específico utilizado es un guion de entrevista semiestructurada (anexo B) diseñado con preguntas abiertas que permiten explorar las percepciones, vivencias y experiencias de los docentes participantes. Este instrumento, validado mediante juicio de expertos según los criterios establecidos por Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez (2008), incluye preguntas organizadas por dimensiones que abordan: uso y apropiación de herramientas digitales, percepciones y vivencias docentes,

adaptación y transformación de prácticas pedagógicas, construcción y transmisión del conocimiento matemático, colaboración e intercambio de conocimientos, y generación, organización y difusión del conocimiento matemático.

La selección de la entrevista semiestructurada como técnica principal responde a los objetivos fenomenológicos del estudio y permite acceder a las experiencias vividas de manera directa y contextualizada. Como señalan Guest et al. (2011) y Patton (2015), este instrumento facilita la recolección de datos ricos y detallados que permiten comprender en profundidad las experiencias docentes dentro del contexto específico de la Institución Educativa Rural La Cruzada, siendo suficiente para responder a las preguntas de investigación planteadas en el marco fenomenológico adoptado.

### ***3.2.3. Determinación de la muestra y su criterio de selección.***

#### **3.2.3.1. Técnica de muestreo intencional**

Para este estudio, se seleccionaron diez participantes docentes de matemáticas a través de la técnica de muestreo intencional, también conocido como muestreo de juicio o muestreo selectivo. Esta técnica de muestreo no probabilístico permite que los participantes sean seleccionados deliberadamente por el investigador en función de su relevancia para el estudio (Patton et al., 2015). Los criterios específicos de selección incluyeron la experiencia en el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas, vinculación activa con la institución educativa y disposición voluntaria para participar en el estudio.

#### **3.2.3.2. Fundamentación del muestreo intencional en investigación fenomenológica**

Según Creswell y Poth (2016), en la investigación fenomenológica el muestreo intencional es esencial para seleccionar participantes que hayan experimentado directamente el fenómeno de interés y puedan proporcionar descripciones ricas y detalladas de sus experiencias. Los diez docentes de matemáticas seleccionados poseen experiencia directa en el uso de herramientas digitales en su práctica pedagógica, lo cual

les permite ofrecer información valiosa sobre el impacto de estas tecnologías en la gestión del conocimiento matemático.

### **3.2.3.3. Criterio de saturación de información**

Se aplicó el criterio de saturación de información para determinar el número adecuado de participantes. La saturación de información se refiere al punto en el que la recolección de datos adicionales no proporciona nuevos conocimientos o perspectivas significativas sobre el fenómeno estudiado (Guest et al., 2006). Morse (2015) sugiere que en la investigación fenomenológica un tamaño de muestra entre 6 y 10 participantes es suficiente para alcanzar la saturación, siempre que los participantes sean seleccionados cuidadosamente y proporcionen descripciones detalladas de sus experiencias.

### **3.2.3.4. Justificación del tamaño de la muestra**

Como señalan Robinson (2014) y Van Manen (2016), en la investigación fenomenológica la calidad y profundidad de los datos obtenidos es más importante que el tamaño de la muestra. Los diez participantes docentes seleccionados mediante muestreo intencional y saturación de información proporcionan descripciones detalladas y significativas de sus experiencias, permitiendo una comprensión profunda del fenómeno estudiado sin requerir una muestra más amplia que podría generar redundancia en los datos sin agregar valor analítico sustancial.

### **3.2.3.5. Características de los participantes seleccionados**

Los participantes seleccionados constituyen un grupo representativo de docentes de matemáticas de la Institución Educativa Rural La Cruzada, con experiencias diversas en la integración de herramientas digitales en su práctica pedagógica. Esta diversidad permite capturar un espectro amplio de perspectivas y experiencias relacionadas con la gestión del conocimiento matemático mediante tecnologías digitales, contribuyendo a una comprensión integral del fenómeno estudiado en el contexto específico de la educación rural antioqueña.

### **3.3. Trabajo de campo (o Presentación de evidencias, si corresponde).**

El trabajo de campo de esta investigación detallado en el anexo D, se desarrolló durante el período académico 2023-2024, específicamente entre agosto de 2023 y junio de 2024, en la Institución Educativa Rural La Cruzada, ubicada en el municipio de Remedios, departamento de Antioquia, Colombia. El procedimiento ejecutado para la organización del trabajo de campo siguió una secuencia ordenada de acciones que facilitaron la obtención de datos empíricos necesarios para comprender los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas.

La primera fase correspondió a la gestión de permisos y contacto inicial durante agosto de 2023, incluyendo las gestiones administrativas y el establecimiento de contactos formales con la institución educativa. El investigador realizó visitas preliminares al rector de la IE La Cruzada para presentar el proyecto de investigación, los objetivos del estudio y solicitar los permisos institucionales correspondientes. Se establecieron acuerdos sobre los alcances del estudio, la participación de los docentes de matemáticas y las condiciones para el desarrollo del trabajo de campo. Los documentos de autorización institucional, el consentimiento informado (anexo A) para docentes y los protocolos éticos fueron revisados y aprobados durante esta fase.

Durante septiembre de 2023 se llevó a cabo la identificación y selección de participantes, procediendo a identificar y seleccionar intencionalmente a los diez docentes de matemáticas que participaron en el estudio. La selección se realizó considerando criterios específicos: experiencia en el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas, disposición voluntaria para participar, y representatividad de diferentes niveles educativos (Básica Secundaria y Media). Durante esta fase se llevaron a cabo presentaciones grupales del proyecto a los docentes del área de matemáticas, se clarificaron dudas sobre la participación y se establecieron los compromisos mutuos entre el investigador y los participantes.

En octubre de 2023 se realizó la preparación de instrumentos y pilotaje, finalizando el diseño del guion de entrevista semiestructurada y realizando su validación mediante juicio de expertos. Tres especialistas en educación matemática y metodología cualitativa evaluaron la pertinencia, claridad y coherencia de las preguntas propuestas. Con base en sus observaciones, se realizaron ajustes menores al instrumento. Posteriormente, se llevó a cabo un pilotaje con dos docentes no participantes del estudio definitivo para evaluar la comprensión de las preguntas, el tiempo requerido para cada entrevista y la calidad de los datos obtenidos.

La recolección de datos se desarrolló entre noviembre de 2023 y marzo de 2024, realizándose las entrevistas semiestructuradas con los diez docentes participantes. Cada entrevista se programó individualmente, respetando los horarios y disponibilidad de los docentes. Las entrevistas se desarrollaron en espacios institucionales privados, con duración promedio de 60 minutos cada una. Se utilizó un dispositivo de grabación de audio previa autorización de los participantes, y se tomaron notas complementarias durante el proceso. Al finalizar cada entrevista, se verificó la calidad de la grabación y se realizó una síntesis preliminar de los aspectos más relevantes emergidos.

Entre abril y mayo de 2024 se llevó a cabo la transcripción y verificación, donde las grabaciones de las entrevistas fueron transcritas de manera literal, preservando no sólo las palabras sino también las pausas, énfasis y expresiones características de cada participante. Cada transcripción fue codificada para garantizar el anonimato de los docentes participantes. Posteriormente, se realizó la verificación de las transcripciones con una muestra de participantes, quienes revisaron sus entrevistas transcritas para confirmar la precisión y autorizar el uso de la información proporcionada. Este proceso de verificación con los participantes fortaleció la validez y confiabilidad de los datos obtenidos.

Los recursos utilizados incluyeron materiales como dispositivos de grabación de audio de alta calidad, computador para transcripción, material impreso para consentimientos informados y protocolos éticos, espacios institucionales para entrevistas, y material de oficina para toma de notas. Los recursos humanos abarcaron el

investigador principal como responsable directo de todo el proceso, tres expertos para validación de instrumentos, diez docentes participantes, y el rector de la institución como facilitador institucional. El tiempo total de dedicación al trabajo de campo fue de aproximadamente 240 horas distribuidas entre preparación, gestiones, entrevistas, transcripciones y verificaciones.

Las evidencias del trabajo de campo incluyen autorizaciones institucionales firmadas, formatos de consentimiento informado diligenciados por cada participante, grabaciones de audio de las entrevistas almacenadas con codificación para preservar anonimato, transcripciones completas de cada entrevista, actas de validación de expertos del instrumento, registros fotográficos del contexto institucional sin identificar participantes, y cronograma detallado con fechas y horarios de cada actividad realizada. Toda esta documentación se encuentra debidamente organizada y archivada, cumpliendo con los estándares éticos de confidencialidad y protección de datos.

#### **3.4. Aplicación de los instrumentos.**

La entrevista semiestructurada se presenta como el instrumento y técnica de recolección de datos principal para este estudio fenomenológico sobre los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas. Diversos autores respaldan el uso de la entrevista semiestructurada en la investigación cualitativa y, específicamente, en los estudios fenomenológicos. Según Kvale & Brinkmann (2009), esta técnica de recolección de datos cualitativos permite obtener descripciones detalladas de las experiencias y perspectivas de los participantes en relación a un fenómeno específico. En este estudio, la entrevista semiestructurada permite a los docentes de matemáticas de la IE La Cruzada compartir sus vivencias, opiniones y reflexiones sobre el uso de herramientas digitales en su práctica pedagógica y su impacto en la gestión del conocimiento.

La entrevista semiestructurada se caracteriza por ser un diálogo guiado por el investigador, basado en un conjunto de preguntas o temas predefinidos, pero con la flexibilidad necesaria para adaptar el orden y contenido de las preguntas según el flujo

de la conversación (DiCicco & Crabtree, 2006). Esta flexibilidad permite profundizar en aspectos relevantes que surjan durante la entrevista y obtener una comprensión más rica y matizada de las experiencias de los docentes. Según Smith (2017), en la investigación fenomenológica, la entrevista semiestructurada es especialmente adecuada porque permite acceder a las experiencias vividas de los participantes y explorar los significados que atribuyen a esas experiencias. En este estudio, las preguntas de la entrevista se centrarán en las percepciones, desafíos, oportunidades y transformaciones que los docentes de matemáticas han experimentado en relación al uso de herramientas digitales y su impacto en la gestión del conocimiento.

Para el desarrollo de la entrevista semiestructurada, se elaboró un guion de 30 preguntas abiertas que abarcan las categorías, dimensiones y subdimensiones identificadas en el estudio, como el uso y apropiación de herramientas digitales, las percepciones y vivencias de los docentes, la adaptación y transformación de la práctica pedagógica, entre otras. Como sugiere (LeBlanc, 2010), las preguntas se formulan de manera clara y no directiva, permitiendo que los docentes expresen libremente sus experiencias y reflexiones. Durante la entrevista, el investigador adopta una actitud fenomenológica, como proponen Giorgi & Giorgi (2003), lo que implica suspender los juicios previos y escuchar atentamente las descripciones de los docentes, buscando captar la esencia de sus experiencias. Se utilizan técnicas de escucha activa, como la reformulación y la solicitud de ejemplos concretos, para obtener descripciones más detalladas y significativas.

Las entrevistas se grabaron a través de dispositivos electrónicos, previo consentimiento informado de los participantes, y posteriormente transcritas de manera literal para su análisis. Como indican Smith et al. (2008), la transcripción detallada de las entrevistas es esencial para capturar los matices y sutilezas de las experiencias de los docentes y permitir un análisis riguroso de los datos. En cuanto a la validez del instrumento, el juicio de expertos se utiliza como método para establecer la validez del instrumento de recolección de datos, en este caso, la entrevista semiestructurada en este estudio. Asimismo, se aborda la confiabilidad del instrumento, respaldada por diversos autores. Según Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez (2008), el juicio de expertos es una

práctica generalizada para evaluar la validez de contenido de un instrumento de investigación. Consiste en solicitar a un grupo de expertos en el área de estudio que revisen y evalúen la pertinencia, relevancia y claridad de los ítems o preguntas del instrumento en relación con los objetivos y las variables de la investigación.

En este estudio, se seleccionaron al menos tres expertos en educación matemática, tecnología educativa y/o doctores en educación que revisaron el guion de la entrevista semiestructurada (anexo C). Como sugieren Rubio et al. (2003), los expertos evalúan si las preguntas son adecuadas para recolectar los datos de este estudio, y verificar si las preguntas cubren las dimensiones y subdimensiones identificadas en el estudio. En relación a la confiabilidad del instrumento, en este caso la entrevista semiestructurada, se refiere a la consistencia y estabilidad de los datos obtenidos a través de su aplicación (Golafshani, 2003). En la investigación cualitativa, y específicamente en los estudios fenomenológicos, la confiabilidad se aborda desde una perspectiva diferente a la de los estudios cuantitativos. Así, para aumentar la confiabilidad del instrumento de esta investigación, se siguen las recomendaciones de Guest et al. (2011), como la elaboración de un guion de entrevista claro y coherente, la capacitación adecuada del entrevistador, la realización de entrevistas piloto para refinar las preguntas y la técnica de entrevista, y la transcripción detallada y precisa de las entrevistas.

### **3.5. Procesamiento de la información.**

El procedimiento de recolección de datos para este estudio se ejecutó siguiendo una serie de pasos sistemáticos y rigurosos que garantizan la calidad y la integridad de la información obtenida. El primer paso correspondió a la selección de los participantes, donde se eligieron diez docentes de matemáticas de la IE La Cruzada utilizando un muestreo intencional y por saturación de información. Los criterios de inclusión establecidos fueron: (a) ser docente activo de matemáticas en la institución, (b) tener experiencia en el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas, y (c) estar dispuesto a participar voluntariamente en el estudio.

En segundo lugar, se estableció el contacto inicial y se diligenciaron los consentimientos informados por parte de los docentes seleccionados, presentándoles el propósito y los detalles del estudio. Se les proporcionó un documento de consentimiento informado que explicó los objetivos, procedimientos, beneficios, riesgos y derechos de los participantes. Se obtuvo la firma del consentimiento informado antes de proceder con la recolección de datos. El tercer proceso fue la preparación de la entrevista semiestructurada, para lo cual se elaboró un **guion** de entrevista basado en las preguntas de investigación y las dimensiones identificadas en el estudio. El **guion** fue revisado y validado por expertos en educación matemática, tecnología educativa e investigación cualitativa a través del juicio de expertos.

Para la realización de las entrevistas, se programaron y ejecutaron las entrevistas semiestructuradas con los docentes seleccionados. Las entrevistas se llevaron a cabo en un lugar privado y cómodo, acordado con cada participante. Se utilizó una grabadora de audio para registrar las entrevistas, previo consentimiento de los docentes. Durante las entrevistas, se siguió el guion preparado, manteniendo una actitud flexible y abierta para explorar temas emergentes y obtener descripciones detalladas de las experiencias de los docentes. Se utilizaron técnicas de escucha activa y se solicitó a los participantes ejemplos concretos para profundizar en las respuestas.

El quinto elemento de este proceso fue la transcripción de las entrevistas, donde después de cada entrevista, se procedió a la transcripción literal del contenido de las grabaciones de audio. Se asignó un código a cada participante para mantener su anonimato. Las transcripciones se revisaron y se compararon con las grabaciones para garantizar su precisión.

En cuanto a la organización y almacenamiento de los datos, como sexto proceso, las transcripciones de las entrevistas y las grabaciones de audio se organizaron y almacenaron en archivos digitales seguros. De igual manera, se elaboró un registro detallado de los datos recolectados, incluyendo fechas, códigos de participantes y cualquier nota o dato identificador relevante. En el séptimo proceso de saturación de la información, se aplicaron las entrevistas a los participantes y se revisaron sus respuestas

hasta alcanzar la saturación de la información, es decir, hasta que los datos obtenidos comenzaron a ser repetitivos y no aportaron nueva información o perspectivas significativas sobre el fenómeno estudiado.

Finalmente, se implementó un proceso de verificación de los datos con los participantes, donde se compartieron las transcripciones con una muestra de docentes entrevistados para confirmar la precisión de la información registrada y obtener su retroalimentación sobre la interpretación de sus respuestas.

En resumen, el procedimiento de recolección de datos para este estudio fenomenológico constituyó un proceso sistemático y riguroso que incluyó la selección de los participantes, el contacto inicial y consentimiento informado, la preparación y realización de las entrevistas semiestructuradas, la transcripción de las entrevistas, la organización y almacenamiento de los datos, la saturación de la información y la verificación de los datos con los participantes. Este procedimiento garantizó la calidad y la integridad de los datos recolectados para una comprensión profunda de las experiencias de los docentes en relación al uso de herramientas digitales y su impacto en la gestión del conocimiento en la enseñanza de las matemáticas.

### **3.6. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.**

El análisis de los resultados se estructura en función de los objetivos específicos de la investigación, integrando de manera sistemática y comprehensiva las respuestas obtenidas a través de las entrevistas semiestructuradas aplicadas a los diez docentes de matemáticas de la Institución Educativa Rural La Cruzada. Este análisis cualitativo fenomenológico busca desentrañar las complejidades, matices, convergencias y divergencias presentes en las experiencias narradas por los participantes, proporcionando una comprensión profunda del fenómeno estudiado desde múltiples perspectivas y voces auténticas de los educadores rurales.

#### **3.6.1 Objetivo Específico 1: Identificar las metodologías pedagógicas más utilizadas por los docentes de la Institución Educativa Rural La Cruzada en la enseñanza de las matemáticas**

### Preguntas del instrumento integradas en este análisis:

- ¿Qué herramientas digitales utiliza más frecuentemente en la enseñanza de las matemáticas?
- ¿Con qué frecuencia utiliza herramientas digitales en sus clases de matemáticas?
- ¿Cómo planifica e integra las herramientas digitales en el desarrollo de sus clases de matemáticas?
- ¿Cómo ha evolucionado su práctica pedagógica desde que comenzó a usar herramientas digitales?

Tabla 2. Metodologías pedagógicas identificadas

Participante	Metodologías Tradicionales Predominantes	Herramientas Digitales Integradas	Estrategias de Combinación	Evolución Metodológica Reportada	Filosofía Pedagógica Subyacente
Docente 1	"Clase magistral estructurada, ejercicios dirigidos"	"GeoGebra para geometría, ThatQuiz evaluación, Khan Academy refuerzo"	"Secuencia planificada tradicional-digital-aplicación"	"De transmisión a construcción participativa"	"Estudiante como constructor activo conocimiento"
Docente 2	"Explicación conceptual, práctica guiada"	"GeoGebra visualización, calculadora científica"	"Selección herramienta según tema específico"	"Mayor énfasis en visualización matemática"	"Adaptación metodológica contextualizada"
Docente 3	"Exposición magistral, ejercitación individual"	"PowerPoint presentaciones, videos explicativos"	"Introducción digital, desarrollo tradicional"	"Incorporación elementos multimedia"	"Mantenimiento atención estudiantil"
Docente 4	"Metodología tradicional consolidada"	"Calculadora científica, PowerPoint ocasional"	"Complemento tecnológico mínimo"	"Resistencia a cambios metodológicos profundos"	"Seguridad en métodos conocidos"
Docente 5	"Clase expositiva, resolución problemas"	"GeoGebra cuando disponible"	"Uso oportunista según acceso"	"Aspiración a mayor integración tecnológica"	"Limitado por recursos disponibles"
Docente 6	"Presentación conceptual, práctica dirigida"	"PowerPoint, medios audiovisuales básicos"	"Tecnología como apoyo visual"	"Adaptación a disponibilidad tecnológica"	"Pragmatismo pedagógico"
Docente 7	"Construcción conceptual participativa"	"GeoGebra exploración, herramientas evaluación"	"Integración planificada y sistemática"	"Hacia metodologías más interactivas"	"Participación activa estudiantil"
Docente 8	"Aprendizaje basado en exploración"	"Software educativo, plataformas online, apps"	"Ecosistema tecnológico integrado"	"Transformación hacia aprendizaje híbrido"	"Personalización y diferenciación"

Participante	Metodologías Tradicionales Predominantes	Herramientas Digitales Integradas	Estrategias de Combinación	Evolución Metodológica Reportada	Filosofía Pedagógica Subyacente
Docente 9	"Enfoque STEAM interdisciplinario"	"PHET, GeoGebra, programación, OVAS"	"Integración sistémica multitecnológica"	"Evolución hacia competencias siglo XXI"	"Formación integral STEAM"
Docente 10	"Metodología expositiva tradicional"	"Medios audiovisuales básicos"	"Tecnología como apoyo presentacional"	"Cambios mínimos metodológicos"	"Adaptación básica a recursos"

### Convergencias en la Hibridación Metodológica

El análisis revela una convergencia significativa hacia lo que podríamos denominar "hibridación metodológica", donde los docentes han desarrollado aproximaciones que combinan elementos tradicionales consolidados con incorporaciones tecnológicas específicas. Esta hibridación no constituye una mera yuxtaposición de elementos, sino que evidencia procesos reflexivos de síntesis pedagógica adaptada al contexto rural. El docente participante 1 articula esta síntesis con particular claridad: "Mi metodología ha evolucionado hacia una secuencia planificada que combina la explicación tradicional para establecer bases conceptuales sólidas, seguida de exploración con GeoGebra para que los estudiantes manipulen y descubran relaciones, y finalmente aplicación práctica donde integran lo aprendido" (2024).

Esta secuencia planificada tradicional-digital-aplicación emerge como un patrón recurrente que trasciende las preferencias individuales para constituirse en una adaptación sistemática a las posibilidades y limitaciones del contexto rural. El docente participante 7 profundiza en esta metodología: "He desarrollado una aproximación donde la construcción conceptual participativa se enriquece con herramientas digitales que permiten exploración que sería imposible de otra manera. No es que la tecnología reemplace la explicación tradicional, sino que la potencia y la hace más significativa" (2024).

El docente participante 2 complementa esta perspectiva con una dimensión de especialización temática: "Mi evolución metodológica se basa en seleccionar la herramienta digital más apropiada según el tema específico. Para geometría uso GeoGebra porque permite manipulación directa, para cálculos complejos la calculadora

científica porque proporciona precisión, y mantengo la explicación tradicional para conceptos fundamentales que requieren construcción gradual" (2024).

Esta especialización temática sugiere procesos sofisticados de toma de decisiones pedagógicas que van más allá de la mera adopción tecnológica para incorporar criterios epistemológicos sobre la naturaleza de diferentes contenidos matemáticos y sus requerimientos didácticos específicos.

#### Divergencias en Profundidad de Transformación Metodológica

A pesar de las convergencias identificadas, emergen divergencias profundas en el grado de transformación metodológica que diferentes docentes han experimentado. Estas divergencias revelan no sólo diferencias en competencias técnicas sino también contrastes en concepciones epistemológicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. En un extremo del espectro, el docente participante 9 representa una transformación metodológica radical: "Mi enfoque ha evolucionado hacia una metodología STEAM interdisciplinaria donde las herramientas digitales no son complementos sino elementos constitutivos del proceso de aprendizaje. Uso PHET para simulaciones físicas que fundamentan conceptos matemáticos, GeoGebra para exploración geométrica, programación por bloques para desarrollar pensamiento computacional, y OVAS para crear experiencias inmersivas" (2024).

Esta transformación sistémica contrasta marcadamente con la aproximación más conservadora del docente participante 4: "He mantenido mi metodología tradicional consolidada porque creo que los fundamentos matemáticos se construyen mejor con explicación clara y práctica dirigida. Uso calculadora científica y ocasionalmente PowerPoint, pero como complementos que no alteran la estructura fundamental de mi metodología. Prefiero hacer bien lo que conozco que experimentar con metodologías que no domino completamente" (2024).

Esta divergencia revela tensiones fundamentales entre innovación y consolidación pedagógica que caracterizan los procesos de adopción tecnológica en educación. El docente participante 8 articula una posición intermedia que resulta

reveladora: "Mi evolución ha sido hacia un aprendizaje híbrido donde combino lo mejor de metodologías tradicionales con las posibilidades que ofrecen las herramientas digitales. No se trata de reemplazar sino de potenciar. Uso software educativo, plataformas online y aplicaciones móviles para crear un ecosistema tecnológico que permite personalización y diferenciación que sería imposible sólo con métodos tradicionales" (2024).

#### Factores Condicionantes de las Elecciones Metodológicas

El análisis revela múltiples factores que condicionan las elecciones metodológicas de los docentes, incluyendo limitaciones infraestructurales, competencias técnicas personales, concepciones pedagógicas, y características específicas del contexto estudiantil rural. El docente participante 5 explicita esta multifactorialidad: "Mi metodología está fuertemente condicionada por la disponibilidad de recursos. Aspiro a mayor integración tecnológica, pero debo adaptar constantemente mis planes según el acceso real a equipos y conectividad. Esto me ha llevado a desarrollar una metodología flexible que funciona tanto con tecnología como sin ella" (2024).

Esta flexibilidad adaptativa constituye una competencia pedagógica específica que emerge del contexto rural y que podría constituir un aporte metodológico transferible a otros contextos con limitaciones similares. El docente participante 6 profundiza en esta adaptabilidad: "Mi filosofía pedagógica se ha vuelto profundamente pragmática. Uso PowerPoint y medios audiovisuales básicos como apoyo visual, pero he aprendido a maximizar el impacto de estas herramientas simples. A veces una presentación bien diseñada con recursos básicos puede ser más efectiva que herramientas sofisticadas mal utilizadas" (2024).

El docente participante 3 revela otra dimensión de los factores condicionantes: "Mi evolución metodológica ha incorporado elementos multimedia principalmente para mantener la atención estudiantil. He observado que los estudiantes rurales, aunque tienen menos acceso a tecnología que los urbanos, responden muy positivamente cuando logro

incorporar videos explicativos o presentaciones dinámicas. Esto me ha llevado a buscar formas creativas de crear contenido multimedia incluso con recursos limitados" (2024).

### Concepciones Epistemológicas Subyacentes

Las metodologías adoptadas por los docentes revelan concepciones epistemológicas específicas sobre la naturaleza del conocimiento matemático y los procesos más efectivos para su construcción y transmisión. El docente participante 1 articula una concepción construccionista: "Mi evolución metodológica se basa en la convicción de que el estudiante debe ser constructor activo de su conocimiento matemático. Las herramientas digitales permiten manipulación, exploración y descubrimiento que transforman al estudiante de receptor pasivo a investigador activo. Esta transformación es fundamental para el aprendizaje matemático significativo" (2024).

Esta concepción construccionista encuentra paralelos en la experiencia del docente participante 7: "Mi metodología se fundamenta en la participación activa estudiantil. Las herramientas digitales me permiten crear situaciones donde los estudiantes pueden explorar, conjeturar, verificar y comunicar sus descubrimientos matemáticos. Esto es particularmente valioso en matemáticas donde la comprensión conceptual es más importante que la memorización procedural" (2024).

Contrariamente, el docente participante 4 sostiene una concepción más tradicional: "Creo que los fundamentos matemáticos requieren explicación clara, práctica dirigida y consolidación gradual. Las herramientas digitales pueden apoyar este proceso, pero no pueden reemplazar la construcción sistemática de conocimientos que requiere la matemática. Mi metodología prioriza la seguridad pedagógica y la construcción sólida de fundamentos" (2024).

### ***3.6.2 Objetivo Específico 2: Determinar los factores pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas***

#### **Preguntas del instrumento integradas en este análisis:**

- ¿Qué desafíos enfrenta al integrar herramientas digitales en su práctica docente?
- ¿Qué factores considera importantes para el uso efectivo de herramientas digitales en matemáticas?
- ¿Cómo evalúa el nivel de competencias digitales que posee para la enseñanza de matemáticas?
- ¿Qué tipo de apoyo institucional ha recibido para integrar herramientas digitales?

*Tabla 3. Factores pedagógicos identificados*

<b>Participante</b>	<b>Factores Facilitadores Identificados</b>	<b>Factores Obstaculizadores Reconocidos</b>	<b>Competencias Digitales Autoevaluadas</b>	<b>Apoyo Institucional Recibido</b>	<b>Necesidades de Desarrollo Identificadas</b>
Docente 1	"Versatilidad herramientas, compromiso estudiantil"	"Dependencia conectividad, tiempo preparación"	"Nivel intermedio-avanzado, autodidacta"	"Mínimo, principalmente infraestructura básica"	"Formación específica integración curricular"
Docente 2	"Visualización conceptos, motivación estudiantil"	"Recursos limitados, formación insuficiente"	"Básico-intermedio, necesita desarrollo"	"Capacitaciones generales ocasionales"	"Formación técnica y pedagógica específica"
Docente 3	"Atención sostenida, participación activa"	"Acceso desigual estudiantes, planificación compleja"	"Intermedio, autoaprendizaje continuo"	"Acceso limitado aula sistemas"	"Estrategias inclusión digital"
Docente 4	"Complemento seguro métodos tradicionales"	"Complejidad técnica, preferencia métodos conocidos"	"Básico, resistencia a expansión"	"Infraestructura mínima disponible"	"Mantener nivel actual, no expansión"
Docente 5	"Potencial pedagógico reconocido"	"Internet intermitente, equipos insuficientes"	"Básico, limitado por acceso"	"Acceso restringido recursos tecnológicos"	"Recursos tecnológicos y formación básica"
Docente 6	"Apoyo visual efectivo, funcionamiento offline"	"Conectividad irregular, recursos básicos"	"Básico-intermedio, pragmático"	"Equipos básicos sin mantenimiento regular"	"Estabilidad tecnológica y formación"
Docente 7	"Interactividad, cooperación entre pares"	"Inestabilidad sistemas, incertidumbre técnica"	"Intermedio, desarrollo continuo"	"Coordinación colegas, apoyo mutuo"	"Formación avanzada y recursos estables"
Docente 8	"Personalización, flexibilidad metodológica"	"Tiempo preparación, fallas imprevistas"	"Avanzado, inversión personal"	"Mínimo, iniciativa personal"	"Apoyo institucional sistemático"
Docente 9	"Integración STEAM,	"Restricciones institucionales acceso formación"	"Avanzado, formación maestría"	"Limitado, sin facilidades formación"	"Acceso capacitaciones especializadas"

Participante	Factores Facilitadores Identificados	Factores Obstaculizadores Reconocidos	Competencias Digitales Autoevaluadas	Apoyo Institucional Recibido	Necesidades de Desarrollo Identificadas
Docente 10	competencias siglo XXI" "Simplicidad, adaptación recursos disponibles"	"Competencias limitadas, recursos básicos"	"Básico, sin aspiraciones expansión"	"Recursos audiovisuales básicos"	"Mantenimiento recursos actuales"

#### Factores Facilitadores: Potencial Pedagógico Reconocido

El análisis revela que los docentes identifican de manera consistente factores facilitadores que trascienden las limitaciones técnicas para centrarse en el potencial pedagógico intrínseco de las herramientas digitales. Estos factores facilitadores no son meramente técnicos, sino que reflejan comprensiones profundas sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. El docente participante 1 sintetiza esta perspectiva: "Los factores más importantes que he identificado son la versatilidad de herramientas como GeoGebra que permite abordar múltiples conceptos matemáticos desde diferentes perspectivas, y el compromiso estudiantil que se genera cuando los estudiantes pueden manipular directamente objetos matemáticos. Estos factores transforman la dinámica del aula de manera fundamental" (2024).

Esta identificación de la versatilidad como factor facilitador encuentra eco en múltiples testimonios. El docente participante 2 profundiza: "La capacidad de visualización de conceptos abstractos es el factor más facilitador que he experimentado. Los estudiantes pueden ver representaciones gráficas de funciones, manipular parámetros y observar inmediatamente los efectos. Esto genera una comprensión intuitiva que sería imposible de lograr sólo con explicaciones verbales o representaciones estáticas en el tablero" (2024).

El docente participante 7 añade una dimensión social significativa: "He identificado que la interactividad y la cooperación entre pares que facilitan las herramientas digitales constituyen factores facilitadores fundamentales. Cuando los estudiantes exploran juntos en GeoGebra o discuten resultados de simulaciones, se

genera una construcción colectiva de conocimiento que enriquece el aprendizaje individual" (2024).

El docente participante 8 introduce la perspectiva de personalización: "Los factores facilitadores más importantes son la posibilidad de personalización y la flexibilidad metodológica que permiten las herramientas digitales. Puedo adaptar el ritmo, la profundidad y el enfoque según las necesidades específicas de cada estudiante o grupo, lo cual es imposible con metodologías completamente tradicionales" (2024).

#### Factores Obstaculizadores: Limitaciones Sistémicas y Contextuales

Paralelamente, los docentes identifican factores obstaculizadores que van más allá de las limitaciones técnicas para incluir dimensiones pedagógicas, institucionales y contextuales complejas. Estos obstáculos no constituyen meras barreras, sino que revelan tensiones sistémicas que requieren abordajes integrales. El docente participante 5 articula esta complejidad: "Los factores obstaculizadores más significativos incluyen el internet intermitente que hace impredecible cualquier planificación, la cantidad insuficiente de equipos que obliga a metodologías grupales no siempre pedagógicamente óptimas, y la falta de soporte técnico que significa que cualquier falla puede paralizar una clase completa" (2024).

Esta multidimensionalidad de los obstáculos se complementa con la perspectiva del docente participante 3: "Un factor obstaculizador fundamental es el acceso desigual de los estudiantes a dispositivos personales, lo cual genera inequidades dentro del aula que son éticamente problemáticas. Además, la planificación se vuelve exponencialmente más compleja porque debo preparar múltiples escenarios según la disponibilidad tecnológica del día" (2024).

El docente participante 9 revela una dimensión institucional de los obstáculos: "Los factores obstaculizadores más frustrantes son las restricciones institucionales para acceder a capacitaciones especializadas. La institución no facilita la participación en formación específica para matemáticas con tecnología, lo cual limita mi desarrollo profesional y, por ende, las oportunidades de aprendizaje de mis estudiantes" (2024).

El docente participante 4 ofrece una perspectiva diferente sobre los obstáculos: "Para mí, la complejidad técnica constituye el principal factor obstaculizador. Prefiero centrar mi energía en el dominio de contenidos matemáticos y metodologías pedagógicas que conozco bien, en lugar de dispersarme en herramientas que pueden fallar y comprometer la calidad de la enseñanza" (2024).

#### Autoevaluación de Competencias Digitales: Espectro de Desarrollo

La autoevaluación de competencias digitales por parte de los docentes revela un espectro amplio de desarrollo que va desde competencias básicas hasta avanzadas, con trayectorias de crecimiento diferenciadas que reflejan oportunidades, limitaciones y aspiraciones específicas. El docente participante 8 representa el extremo avanzado: "Evalúo mis competencias digitales como avanzadas, resultado de inversión personal considerable en formación y equipos. He desarrollado capacidades para integrar múltiples herramientas de manera sistémica, crear contenidos digitales originales, y adaptar tecnologías a necesidades pedagógicas específicas" (2024).

Esta autoevaluación avanzada contrasta con evaluaciones más modestas. El docente participante 2 explica: "Mi nivel es básico-intermedio y reconozco que necesita desarrollo constante. Manejo herramientas fundamentales como GeoGebra y PowerPoint, pero me falta profundidad técnica y amplitud en el repertorio de herramientas disponibles. Mi desarrollo ha sido principalmente autodidacta, lo cual genera lagunas sistemáticas" (2024).

El docente participante 9 ofrece una perspectiva matizada: "Mis competencias digitales son avanzadas gracias a la formación en maestría, pero siento frustración porque no puedo implementar completamente lo que sé debido a limitaciones institucionales. Es paradójico tener competencias que no puedes aplicar por factores externos" (2024).

El docente participante 4 articula una posición de autolimitación consciente: "Mi nivel es básico y no aspiro a una expansión significativa. Prefiero consolidar competencias en herramientas que domino completamente en lugar de desarrollar

competencias superficiales en múltiples herramientas que no podré usar efectivamente" (2024).

#### Apoyo Institucional: Déficit Sistemáticos y Iniciativas Emergentes

El análisis del apoyo institucional recibido revela déficits sistemáticos que trascienden la mera provisión de recursos para incluir ausencias de políticas, formación y sostenibilidad que condicionan profundamente las posibilidades de integración tecnológica efectiva. El docente participante 1 sintetiza esta realidad: "El apoyo institucional ha sido mínimo, principalmente limitado a la provisión de infraestructura básica sin acompañamiento pedagógico, formación específica, o políticas claras de integración tecnológica. Esto genera iniciativas individuales fragmentadas instead de una transformación institucional sistemática" (2024).

Esta caracterización encuentra eco en múltiples testimonios. El docente participante 2 profundiza: "Las capacitaciones recibidas han sido generales y ocasionales, sin especificidad para la enseñanza de matemáticas o continuidad temporal. No existe una política institucional clara sobre integración tecnológica, lo cual genera incertidumbre y falta de direccionamiento estratégico" (2024).

Sin embargo, emergen también iniciativas de apoyo mutuo entre docentes que compensan parcialmente los déficits institucionales. El docente participante 7 describe: "Aunque el apoyo institucional formal es limitado, hemos desarrollado coordinación entre colegas y apoyo mutuo que funciona como red informal de desarrollo profesional. Compartimos recursos, experiencias y solucionamos problemas técnicos colaborativamente" (2024).

El docente participante 9 revela una dimensión más problemática: "El apoyo institucional no solo es limitado, sino que en ocasiones constituye un obstáculo activo. No me han permitido participar en capacitaciones específicas y no facilitan acceso a recursos para docentes de matemáticas, lo cual genera inequidades internas en oportunidades de desarrollo profesional" (2024).

## Necesidades de Desarrollo: Perspectivas Diferenciadas

Las necesidades de desarrollo identificadas por los docentes revelan perspectivas diferenciadas que van desde aspiraciones de expansión tecnológica hasta demandas de consolidación y estabilidad, reflejando diferentes estadios en las trayectorias de desarrollo profesional y distintas concepciones sobre la integración tecnológica óptima. El docente participante 1 articula necesidades de profundización: "Mis necesidades principales incluyen formación específica en integración curricular sistemática de herramientas digitales, no solo competencias técnicas sino comprensión pedagógica profunda sobre cuándo, cómo y por qué usar tecnología específica para objetivos matemáticos específicos" (2024).

Esta demanda de sofisticación pedagógica encuentra paralelos en otros testimonios. El docente participante 8 explica: "Necesito apoyo institucional sistemático que trascienda la provisión de recursos para incluir políticas claras, formación continua, y reconocimiento del tiempo adicional que requiere la integración tecnológica efectiva" (2024).

Contrariamente, otros docentes identifican necesidades más básicas. El docente participante 5 señala: "Mis necesidades fundamentales son acceso a recursos tecnológicos básicos y formación inicial en competencias digitales. Sin estos fundamentos, las aspiraciones de integración avanzada son irrealizables" (2024). El docente participante 4 ofrece una perspectiva de consolidación: "Mi necesidad principal es mantener el nivel actual de competencias sin presión para expansión. Prefiero profundizar en las herramientas que uso en lugar de ampliar superficialmente el repertorio" (2024).

### ***3.6.3 Objetivo Específico 3: Sistematizar los fundamentos teóricos-pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza de las matemáticas***

Preguntas del instrumento integradas en este análisis:

¿Qué concepciones tiene sobre el papel de las herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas?

¿Cómo considera que las herramientas digitales transforman la naturaleza del conocimiento matemático?

¿Qué fundamentos pedagógicos orientan su uso de herramientas digitales?

¿Cómo relaciona las herramientas digitales con teorías de aprendizaje matemático?

*Tabla 4. Fundamentos Teóricos-Pedagógicos*

<b>Participante</b>	<b>Concepciones sobre Papel Herramientas Digitales</b>	<b>Transformación Conocimiento Matemático</b>	<b>Fundamentos Pedagógicos Orientadores</b>	<b>Relación Teorías Aprendizaje</b>	<b>Marcos Teóricos Implícitos</b>
Docente 1	"Facilitadoras construcción activa conocimiento"	"Democratización acceso, manipulación conceptos"	"Constructivismo, aprendizaje significativo"	"Piaget y Vygotsky, ZDP mediada"	"Construccionismo Papert"
Docente 2	"Herramientas apoyo visualización y comprensión"	"Mayor accesibilidad conceptos abstractos"	"Aprendizaje visual, representaciones múltiples"	"Teoría representaciones Duval"	"Cognitivismo educativo"
Docente 3	"Medios compromiso y participación estudiantil"	"Interactividad y dinamismo matemático"	"Pedagogía activa, motivación intrínseca"	"Teorías motivación Deci y Ryan"	"Humanismo educativo"
Docente 4	"Complementos opcionales métodos tradicionales"	"Sin transformación fundamental naturaleza"	"Pedagogía tradicional consolidada"	"Conductismo educativo estructurado"	"Tradicionalismo pedagógico"
Docente 5	"Potenciadoras limitadas por contexto"	"Posibilidades reconocidas, acceso limitado"	"Pragmatismo adaptativo contextualizado"	"Teorías ecológicas Bronfenbrenner"	"Ecología educativa"
Docente 6	"Apoyos visuales básicos efectivos"	"Mejora presentacional sin alteración esencial"	"Simplicidad y efectividad práctica"	"Behaviorismo educativo aplicado"	"Pragmatismo educativo"
Docente 7	"Facilitadoras participación e interacción"	"Construcción social y colaborativa"	"Socioconstructivismo, comunidades prácticas"	"Vygotsky, Wenger comunidades"	"Constructivismo social"

Participante	Concepciones sobre Papel Herramientas Digitales	Transformación Conocimiento Matemático	Fundamentos Pedagógicos Orientadores	Relación Teorías Aprendizaje	Marcos Teóricos Implícitos
Docente 8	"Transformadoras ecosistemas aprendizaje"	"Personalización y diferenciación radical"	"Teorías inteligencias múltiples, UDL"	"Gardner, Meyer diseño universal"	"Constructivismo personal"
Docente 9	"Elementos constitutivos educación STEAM"	"Integración interdisciplinaria fundamental"	"Conectivismo, aprendizaje siglo XXI"	"Siemens, competencias digitales"	"Conectivismo digital"
Docente 10	"Herramientas básicas apoyo presentacional"	"Mejoras superficiales sin cambios profundos"	"tradicionalismo adaptado recursos"	"Modelos transmisión adaptados"	"Neo-tradicionalismo"

### Concepciones epistemológicas sobre el papel de las herramientas digitales

El análisis de las concepciones docentes sobre el papel de las herramientas digitales revela un espectro epistemológico que va desde perspectivas instrumentales hasta concepciones transformadoras profundas, evidenciando diferentes marcos teóricos implícitos que orientan las prácticas pedagógicas. Estas concepciones no son meramente técnicas, sino que reflejan posicionamientos filosóficos fundamentales sobre la naturaleza del conocimiento matemático y los procesos óptimos para su construcción y transmisión.

El docente participante 1 articula una concepción construccionista sofisticada: "Concibo las herramientas digitales como facilitadoras de la construcción activa del conocimiento matemático por parte de los estudiantes. No son simplemente ayudas visuales sino medios que permiten manipulación directa de objetos matemáticos, experimentación con parámetros, y descubrimiento de relaciones que serían imposibles de explorar mediante métodos tradicionales únicamente. Esta perspectiva se fundamenta en la convicción de que el conocimiento matemático se construye mediante interacción activa con representaciones manipulables" (2024).

Esta concepción construccionista encuentra eco parcial en el docente participante 7, quien desarrolla una perspectiva socioconstructivista: "Las herramientas digitales funcionan como facilitadoras de la participación e interacción estudiantil, permitiendo construcción social y colaborativa del conocimiento matemático. Cuando los estudiantes

exploran juntos en GeoGebra o discuten simulaciones, se genera una zona de desarrollo próximo colectiva donde el aprendizaje individual se potencia mediante la interacción social mediada por tecnología" (2024).

Contrariamente, el docente participante 4 sostiene una concepción instrumental conservadora: "Considero las herramientas digitales como complementos opcionales de métodos tradicionales que pueden agregar valor en situaciones específicas, pero sin alterar fundamentalmente los procesos de enseñanza y aprendizaje matemático. Los fundamentos de las matemáticas se construyen mediante explicación clara, práctica dirigida y consolidación gradual, procesos que no requieren necesariamente mediación tecnológica. La tecnología puede apoyar, pero no debe reemplazar metodologías consolidadas" (2024).

El docente participante 9 representa el extremo transformador del espectro: "Las herramientas digitales constituyen elementos fundamentales de la educación STEAM del siglo XXI, no meros complementos sino componentes integrales que redefinen qué significa enseñar y aprender matemáticas. Permiten integración interdisciplinaria, desarrollo de pensamiento computacional, y construcción de competencias digitales que son indispensables para la ciudadanía contemporánea. Esta concepción se fundamenta en teorías conectivistas que reconocen la tecnología como extensión de las capacidades cognitivas humanas" (2024).

### **Transformaciones Percibidas en la Naturaleza del Conocimiento**

#### **Matemático**

Las perspectivas docentes sobre cómo las herramientas digitales transforman la naturaleza del conocimiento matemático revelan comprensiones diferenciadas que van desde cambios superficiales hasta reconceptualizaciones epistemológicas profundas. Estas perspectivas reflejan no solo experiencias pedagógicas sino también marcos teóricos implícitos sobre la naturaleza del conocimiento matemático.

El docente participante 1 articula una transformación democratizadora: "Las herramientas digitales democratizan el acceso a conceptos matemáticos complejos que

antes estaban reservados para estudiantes con habilidades especiales o recursos abundantes. La manipulación directa de objetos matemáticos permite que estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje puedan construir comprensión intuitiva de conceptos abstractos. Esta democratización no solo cambia quién puede aprender matemáticas sino cómo se conceptualiza el conocimiento matemático mismo" (2024).

El docente participante 2 enfatiza transformaciones representacionales: "La principal transformación está en la mayor accesibilidad de conceptos abstractos mediante representaciones múltiples y dinámicas. Los estudiantes pueden ver simultáneamente representaciones algebraicas, gráficas y numéricas del mismo concepto, y observar cómo cambios en una representación se reflejan inmediatamente en las otras. Esto transforma la comprensión matemática de memorización de procedimientos a comprensión de relaciones fundamentales" (2024).

El docente participante 8 propone una transformación personalizada: "Las herramientas digitales permiten la personalización y diferenciación radical del conocimiento matemático, adaptándose a ritmos, estilos y necesidades individuales de aprendizaje. Esto transforma la concepción del conocimiento matemático de algo uniforme y estandarizado a algo diverso y adaptativo. Cada estudiante puede construir su comprensión matemática mediante rutas personalizadas que serían imposibles en metodologías tradicionales" (2024).

Contrariamente, el docente participante 4 minimiza las transformaciones: "No considero que las herramientas digitales transformen fundamentalmente la naturaleza del conocimiento matemático. Las matemáticas tienen una estructura lógica inherente que trasciende los medios de presentación. La tecnología puede facilitar visualización o cálculo, pero no altera los fundamentos conceptuales que deben ser comprendidos mediante razonamiento lógico y práctica sistemática" (2024).

### **Fundamentos Pedagógicos Orientadores de la Práctica**

Los fundamentos pedagógicos que orientan el uso de herramientas digitales por parte de los docentes revelan la diversidad de marcos teóricos que informan sus

decisiones pedagógicas, desde enfoques tradicionales hasta perspectivas contemporáneas de vanguardia. Estos fundamentos no son meramente técnicos, sino que reflejan concepciones profundas sobre la naturaleza del aprendizaje y la enseñanza.

El docente participante 7 explicita fundamentos socioconstructivistas: "Mi uso de herramientas digitales se orienta por principios socioconstructivistas que enfatizan la construcción social del conocimiento mediante interacción y colaboración. Las tecnologías facilitan la creación de comunidades de práctica matemática donde los estudiantes aprenden unos de otros mediante exploración compartida, discusión de descubrimientos, y construcción colectiva de comprensión" (2024).

El docente participante 3 se fundamenta en pedagogías activas: "Mi orientación pedagógica prioriza el compromiso y la participación activa estudiantil. Las herramientas digitales sirven como medios para activar motivación intrínseca, mantener atención sostenida, y facilitar la participación que transforma a los estudiantes de receptores pasivos a exploradores activos del conocimiento matemático" (2024).

El docente participante 8 incorpora marcos contemporáneos: "Mi práctica se orienta por teorías de inteligencias múltiples y diseño universal para el aprendizaje que reconocen la diversidad de formas en que los estudiantes construyen conocimiento. Las herramientas digitales permiten ofrecer múltiples medios de representación, compromiso y expresión que atienden esta diversidad fundamental" (2024).

El docente participante 5 adopta fundamentos pragmáticos: "Mi orientación pedagógica es fundamentalmente pragmática y contextualizada, adaptándose a las posibilidades y limitaciones del entorno rural. Los fundamentos teóricos deben subordinarse a la efectividad práctica en condiciones específicas de recursos limitados y necesidades particulares de estudiantes rurales" (2024).

### **Relaciones con Teorías de Aprendizaje Matemático**

Las conexiones que los docentes establecen entre su uso de herramientas digitales y teorías específicas de aprendizaje matemático revelan diferentes grados de

sofisticación teórica y evidencian cómo marcos conceptuales académicos informan o no las prácticas pedagógicas cotidianas.

El docente participante 1 establece conexiones explícitas: "Mi práctica se fundamenta en teorías piagetianas sobre construcción de conocimiento mediante interacción con el entorno, complementadas con perspectivas vygotskianas sobre mediación social. Las herramientas digitales funcionan como instrumentos de mediación que expanden la zona de desarrollo próximo, permitiendo que los estudiantes accedan a conceptos que serían inalcanzables sin esta mediación tecnológica" (2024).

El docente participante 2 se conecta con teorías representacionales: "Mi uso de tecnología se orienta por teorías de representaciones múltiples, particularmente los trabajos de Duval sobre coordinación de registros semióticos. Las herramientas digitales facilitan la transición entre representaciones algebraicas, gráficas y numéricas que son fundamentales para la comprensión matemática profunda" (2024).

El docente participante 9 incorpora teorías contemporáneas: "Mi práctica se fundamenta en teorías conectivistas que reconocen la importancia de redes de conocimiento y competencias digitales para el aprendizaje del siglo XXI. Las herramientas digitales no solo median el aprendizaje matemático, sino que desarrollan competencias de navegación informacional y construcción colaborativa de conocimiento" (2024).

El docente participante 4 revela desconexión teórica: "No establezco conexiones específicas con teorías de aprendizaje matemático. Mi práctica se basa en experiencia acumulada y métodos que han demostrado efectividad práctica. Considero que la teorización excesiva puede complicar procesos pedagógicos que funcionan bien mediante aproximaciones intuitivas y experienciales" (2024).

#### ***3.6.4 Objetivo Específico 4: Evaluar el impacto de las herramientas digitales en el aprendizaje y desarrollo de competencias matemáticas de los estudiantes***

##### **Preguntas del instrumento integradas en este análisis:**

- ¿Qué impacto ha observado en el aprendizaje de los estudiantes al usar herramientas digitales?
- ¿Cómo evalúa y proporciona retroalimentación usando herramientas digitales?
- ¿Qué cambios ha notado en la motivación y participación de los estudiantes?
- ¿Cómo han evolucionado las competencias matemáticas de sus estudiantes?

*Tabla 5. Impacto en Aprendizaje Estudiantil*

Participante	Impactos Cognitivos Observados	Impactos Motivacionales Registrados	Impactos en Competencias Específicas	Evidencias de Transformación	Limitaciones o Reservas
Docente 1	"Comprensión más intuitiva geometría, conexiones conceptuales"	"Entusiasmo renovado, curiosidad matemática activa"	"Visualización espacial, pensamiento geométrico"	"Preguntas más sofisticadas, exploración autónoma"	"Dependencia tecnológica, distracción potencial"
Docente 2	"Mejor visualización conceptos abstractos, relaciones funcionales"	"Incremento notable motivación, persistencia"	"Interpretación gráfica, análisis funcional"	"Conexiones antes imposibles, insight conceptual"	"Transferencia a evaluaciones tradicionales incierta"
Docente 3	"Comprensión procedural mejorada, seguimiento procesos"	"Atención sostenida, participación activa aumentada"	"Comunicación matemática, argumentación"	"Discusiones más ricas, explicaciones elaboradas"	"Acceso desigual genera inequidades"
Docente 4	"Cálculos precisos, verificación procedural"	"Interés selectivo en aplicaciones específicas"	"Competencias calculatorias, verificación"	"Mayor confianza en cálculos complejos"	"Sin cambios fundamentales observados"
Docente 5	"Exploración limitada pero significativa"	"Entusiasmo en sesiones disponibles"	"Manipulación básica objetos matemáticos"	"Momentos de comprensión súbita"	"Frecuencia insuficiente para evaluación"
Docente 6	"Mejor retención información visual"	"Atención mejorada en presentaciones"	"Procesamiento información visual"	"Preguntas más frecuentes y pertinentes"	"Impactos limitados a momentos específicos"
Docente 7	"Construcción colaborativa conocimiento, interactividad"	"Persistencia, interés, apropiación conceptual"	"Cooperación matemática, comunicación ideas"	"Trabajo colaborativo más efectivo"	"Incertidumbre técnica genera ansiedad"
Docente 8	"Personalización comprensión, diferenciación"	"Motivación diferenciada según estilos"	"Autonomía aprendizaje, autorregulación"	"Rutas personalizadas de comprensión"	"Requiere tiempo adicional individualización"

Participante	Impactos Cognitivos Observados	Impactos Motivacionales Registrados	Impactos en Competencias Específicas	Evidencias de Transformación	Limitaciones o Reservas
Docente 9	"Integración STEAM, pensamiento computacional"	"Conexión con intereses tecnológicos juveniles"	"Competencias digitales, resolución problemas"	"Proyectos interdisciplinarios exitosos"	"Limitaciones institucionales restringen potencial"
Docente 10	"Comprensión básica mejorada ligeramente"	"Interés ocasional en presentaciones"	"Atención visual mejorada"	"Cambios mínimos pero positivos"	"Impactos superficiales únicamente"

### Transformaciones Cognitivas: Desde Procedural hacia Conceptual

El análisis revela transformaciones cognitivas significativas que van más allá de mejoras procedurales para incluir cambios fundamentales en cómo los estudiantes conceptualizan y se relacionan con el conocimiento matemático. Estas transformaciones sugieren que las herramientas digitales, cuando se implementan efectivamente, pueden catalizar saltos cualitativos en la comprensión matemática.

El docente participante 1 describe transformaciones en comprensión geométrica: "He observado que los estudiantes desarrollan comprensión más intuitiva de conceptos geométricos mediante manipulación directa en GeoGebra. Pueden explorar cómo cambios en parámetros afectan propiedades geométricas, lo cual genera comprensión conceptual que trasciende memorización de fórmulas. Las preguntas que hacen ahora son más sofisticadas, revelando procesos de pensamiento matemático más avanzados" (2024).

Esta observación se complementa con la experiencia del docente participante 2: "La principal transformación cognitiva que observo es la capacidad mejorada para visualizar conceptos abstractos y establecer conexiones entre representaciones diferentes. Los estudiantes pueden ver cómo una función algebraica se relaciona con su representación gráfica, y cómo cambios en parámetros se reflejan inmediatamente en ambas representaciones. Esto genera datos conceptuales que serían imposibles mediante métodos puramente tradicionales" (2024).

El docente participante 8 enfatiza transformaciones hacia la personalización: "Las herramientas digitales permiten que cada estudiante construya comprensión matemática mediante rutas personalizadas que respetan sus ritmos y estilos de aprendizaje. He observado estudiantes que antes tenían dificultades con matemáticas desarrollar comprensión profunda cuando pueden explorar conceptos mediante simulaciones interactivas o representaciones visuales dinámicas" (2024).

El docente participante 9 reporta transformaciones interdisciplinarias: "Los estudiantes desarrollan pensamiento computacional y competencias STEAM que integran matemáticas con otras disciplinas. Pueden crear simulaciones que combinan conceptos matemáticos con principios físicos, lo cual genera comprensión holística que trasciende las fronteras disciplinarias tradicionales" (2024).

### **Impactos Motivacionales: Compromiso Auténtico versus Novedad Superficial**

Los impactos motivacionales observados por los docentes revelan una distinción crucial entre compromiso auténtico basado en la comprensión y entusiasmo superficial generado por novedad tecnológica. Esta distinción es fundamental para evaluar la sostenibilidad y profundidad de las transformaciones observadas.

El docente participante 7 describe compromiso auténtico: "He observado incremento en persistencia, interés genuino, y apropiación conceptual que va más allá de la mera atracción por la tecnología. Los estudiantes muestran disposición para explorar problemas complejos porque las herramientas digitales les proporcionan medios para investigar y verificar sus hipótesis. Este compromiso se fundamenta en el empoderamiento cognitivo real" (2024).

Esta perspectiva encuentra eco en el testimonio del docente participante 3: "La atención sostenida y participación activa que observo no es sólo reacción a la novedad sino resultado de que los estudiantes pueden entender mejor los procesos matemáticos cuando los ven visualizados paso a paso. Las discusiones que generan son más ricas porque tienen evidencia visual para apoyar sus argumentos" (2024).

Contrariamente, el docente participante 6 observa impactos más limitados: "El interés mejorado que observo está principalmente vinculado a momentos específicos de presentación y no se sostiene necesariamente en actividades posteriores. Los impactos motivacionales son positivos pero limitados a contextos específicos de uso tecnológico" (2024).

El docente participante 10 reporta transformaciones mínimas: "Los cambios motivacionales que observo son mínimos y superficiales. Hay interés ocasional durante presentaciones con tecnología, pero no constituye transformación fundamental en la actitud hacia las matemáticas" (2024).

### **Desarrollo de Competencias Específicas: Más Allá de Contenidos Tradicionales**

El análisis revela desarrollo de competencias que trascienden contenidos matemáticos tradicionales para incluir habilidades del siglo XXI como pensamiento computacional, comunicación digital, y resolución colaborativa de problemas. Estas competencias emergentes sugieren que la integración tecnológica puede expandir significativamente los objetivos educativos de la enseñanza matemática.

El docente participante 9 describe el desarrollo de competencias STEAM: "Los estudiantes desarrollan competencias que integran matemáticas con tecnología, ingeniería y ciencias de manera natural. Cuando crean simulaciones o resuelven problemas mediante programación, están aplicando matemáticas de forma auténtica mientras desarrollan pensamiento computacional que será fundamental para su futuro académico y profesional" (2024).

El docente participante 7 enfatiza competencias colaborativas: "He observado desarrollo significativo en competencias de comunicación matemática y trabajo colaborativo. Los estudiantes aprenden a explicar sus descubrimientos, discutir estrategias, y construir conocimiento colectivamente mediante herramientas digitales que facilitan interacción y compartición de ideas" (2024).

El docente participante 8 reporta desarrollo de autonomía: "Los estudiantes desarrollan competencias de autorregulación y aprendizaje autónomo porque las herramientas digitales les permiten explorar a su propio ritmo, verificar sus respuestas, y buscar ayuda cuando la necesitan. Esta autonomía es fundamental para el aprendizaje permanente" (2024).

El docente participante 1 observa competencias de visualización: "El desarrollo de competencias de visualización espacial y pensamiento geométrico es notable. Los estudiantes pueden rotar objetos mentalmente, prever resultados de transformaciones, y establecer relaciones espaciales que antes eran difíciles de conceptualizar" (2024).

### **Evidencias de Transformación: Indicadores Cualitativos de Cambio**

Los docentes proporcionan evidencias específicas de transformación que van más allá de impresiones generales para incluir indicadores concretos y observables de cambio en el comportamiento y desempeño estudiantil. Estas evidencias constituyen la base empírica para evaluar la efectividad real de la integración tecnológica.

El docente participante 1 describe evidencias comportamentales: "Las preguntas que hacen los estudiantes ahora son más sofisticadas y revelan procesos de pensamiento matemático más avanzados. En lugar de preguntar simplemente 'cómo se hace', preguntan 'por qué funciona' o 'qué pasaría si'. Además, muestran iniciativa para explorar extensiones de problemas por cuenta propia" (2024).

El docente participante 2 reporta evidencias cognitivas: "Los estudiantes establecen conexiones conceptuales que antes eran imposibles para ellos. Pueden explicar cómo los cambios en una representación algebraica se reflejan en la representación gráfica, y viceversa. Esto indica comprensión profunda en lugar de memorización superficial" (2024).

El docente participante 3 observa evidencias comunicativas: "Las discusiones matemáticas que generan son cualitativamente diferentes. Los estudiantes pueden

señalar elementos específicos en simulaciones o gráficas para apoyar sus argumentos, lo cual hace sus explicaciones más precisas y convincentes" (2024).

El docente participante 7 documenta evidencias colaborativas: "El trabajo colaborativo se ha vuelto más efectivo porque los estudiantes pueden compartir descubrimientos visualmente y construir sobre las ideas de otros de manera más concreta. Las herramientas digitales facilitan la comunicación matemática que antes era difícil de expresar verbalmente" (2024).

### **Evaluación Digital y Retroalimentación: Innovaciones y Limitaciones**

Las aproximaciones a evaluación y retroalimentación mediadas por herramientas digitales revelan tanto innovaciones significativas como limitaciones importantes en la implementación de sistemas evaluativos más responsivos y formativos. El docente participante 1 describe innovación evaluativa integral: "He diversificado mis instrumentos de evaluación para incluir rúbricas digitales, portfolios electrónicos, autoevaluaciones mediante plataformas como ThatQuiz y Khan Academy, y evaluaciones basadas en proyectos digitales. Esta diversificación me permite capturar aspectos del aprendizaje matemático que las evaluaciones tradicionales no pueden detectar" (2024).

El docente participante 7 enfatiza retroalimentación formativa: "Uso herramientas digitales para proporcionar retroalimentación inmediata y específica durante el proceso de aprendizaje, no solo al final. Los estudiantes pueden verificar inmediatamente si sus procedimientos son correctos y recibir sugerencias para mejorar, lo cual transforma la evaluación de sumativa a formativa" (2024). El docente participante 3 desarrolló estrategias de retroalimentación grupal: "Cuando los estudiantes responden preguntas mostradas en pantalla, hago retroalimentación colectiva inmediata que beneficia a todos. Aunque las herramientas digitales que uso no proporcionan la retroalimentación automática que me gustaría, he aprendido a complementar con explicaciones dirigidas" (2024).

Contrariamente, el docente participante 5 enfrenta limitaciones fundamentales: "No he podido implementar evaluación digital efectiva debido a limitaciones de equipos y conectividad. En lo poco que he explorado, la sala de sistemas no tiene suficientes equipos operativos y la conexión a internet es muy inestable para evaluaciones confiables" (2024).

### **Limitaciones y Reservas: Análisis Crítico de Impactos**

Los docentes expresan limitaciones y reservas importantes que proporcionan perspectiva equilibrada sobre los impactos observados, evidenciando aproximaciones reflexivas y críticas a la integración tecnológica. El docente participante 1 identifica riesgos de dependencia: "Una limitación importante que observo es la potencial dependencia excesiva de tecnología que algunos estudiantes desarrollan. Cuando los equipos no están disponibles, algunos muestran dificultades para abordar problemas mediante métodos tradicionales, lo cual sugiere que la integración debe mantener equilibrio" (2024).

El docente participante 2 cuestiona la transferencia: "Mi principal reserva es la incertidumbre sobre si las mejoras observadas mediante herramientas digitales se transfieren efectivamente a evaluaciones tradicionales y contextos no tecnológicos. Los estudiantes pueden entender conceptos con apoyo digital, pero no está claro si esta comprensión es verdaderamente autónoma" (2024). El docente participante 3 señala inequidades: "El acceso desigual de estudiantes a dispositivos personales genera inequidades dentro del aula que son problemáticas. Algunos estudiantes se benefician más que otros de las herramientas digitales, lo cual puede amplificar en lugar de reducir brechas de aprendizaje" (2024).

El docente participante 9 demuestra descontento y se frustra por limitaciones institucionales: "Las limitaciones institucionales restringen significativamente el potencial de impacto que las herramientas digitales podrían tener. Tengo competencias y conocimientos avanzados, pero no puedo implementarlos completamente debido a restricciones de acceso y apoyo institucional" (2024).

### ***3.6.5 Síntesis Integral: Convergencias, Divergencias y Patrones Emergentes***

#### **Convergencias Fundamentales Identificadas**

El análisis revela convergencias fundamentales que trascienden las diferencias individuales y contextuales para constituir patrones sistemáticos en las experiencias docentes con herramientas digitales en la enseñanza matemática rural.

#### **Reconocimiento del Potencial Pedagógico**

Todos los docentes participantes, independientemente de sus niveles de implementación o competencias técnicas, reconocen el potencial pedagógico intrínseco de las herramientas digitales para transformar aspectos específicos de la enseñanza y aprendizaje matemático. Este reconocimiento va más allá del entusiasmo superficial para incluir comprensiones específicas sobre ventajas cognitivas, motivacionales y procedurales que las tecnologías pueden proporcionar.

#### **Limitaciones Infraestructurales como Determinante Común**

Las limitaciones infraestructurales emergen como determinante común que condiciona las experiencias de todos los participantes, independientemente de sus competencias o aspiraciones individuales. Conectividad intermitente, equipos insuficientes, y ausencia de soporte técnico constituyen barreras sistemáticas que requieren soluciones institucionales y políticas.

#### **Desarrollo de Estrategias Adaptativas**

Todos los docentes han desarrollado, en diferentes grados, estrategias adaptativas que les permiten maximizar el impacto de recursos limitados. Estas estrategias revelan capacidades de innovación y resiliencia pedagógica que constituyen competencias específicas del contexto rural.

#### **Impactos Motivacionales Consistentes**

Los impactos motivacionales positivos en estudiantes emergen como hallazgo consistente, aun cuando las implementaciones tecnológicas son limitadas o básicas. Este patrón sugiere que elementos relativamente simples de integración tecnológica pueden generar beneficios motivacionales significativos.

### **Divergencias Significativas Identificadas**

#### **Profundidad de Transformación Metodológica**

Las diferencias más significativas se relacionan con la profundidad de transformación metodológica que diferentes docentes han experimentado, que van desde incorporaciones superficiales hasta reconceptualizaciones pedagógicas fundamentales.

#### **Competencias Digitales y Trayectorias de Desarrollo**

Los docentes evidencian trayectorias muy diferentes en el desarrollo de competencias digitales, condicionadas por oportunidades de formación, recursos personales, y aspiraciones profesionales específicas.

#### **Concepciones Epistemológicas sobre Tecnología Educativa**

Las concepciones sobre el papel de la tecnología en educación matemática varían desde perspectivas instrumentales hasta marcos transformadores, reflejando diferentes bases filosóficas en relación a la enseñanza y aprendizaje.

#### **Respuestas a Limitaciones Contextuales**

Aunque todos enfrentan limitaciones similares, las respuestas varían desde adaptación resignada hasta innovación proactiva, evidenciando diferentes capacidades como resiliencia profesional y creatividad en la solución de problemas.

#### **Patrones Emergentes e Implicaciones**

#### **Hibridación como Estrategia Dominante**

La hibridación metodológica emerge como estrategia dominante que combina elementos tradicionales y digitales de manera contextualmente apropiada, sugiriendo que la integración efectiva no requiere reemplazo completo sino síntesis inteligente.

### **Importancia de Formación Contextualizada**

Los datos evidencian la importancia crítica de formación docente contextualizada que atienda específicamente las necesidades y limitaciones del entorno rural, en lugar de que programas genéricos diseñados para contextos urbanos.

### **Potencial de Comunidades de Práctica**

Las experiencias de colaboración informal entre docentes sugieren el potencial de comunidades de práctica estructuradas como mecanismo de desarrollo profesional y superación de limitaciones individuales.

### **Necesidad de Aproximaciones Sistémicas**

Los hallazgos señalan que la integración tecnológica efectiva requiere aproximaciones sistémicas que aborden simultáneamente infraestructura, formación, apoyo técnico, y políticas institucionales, en lugar de intervenciones fragmentadas.

Esta síntesis integral de resultados proporciona la base empírica para las conclusiones y recomendaciones del estudio, así como para el diseño de la propuesta de transformación CODAM que se presenta en el siguiente capítulo.

Los resultados revelan un panorama heterogéneo en la integración de herramientas digitales, caracterizado por adaptaciones creativas frente a limitaciones contextuales. Los docentes demuestran capacidad de innovación pedagógica a pesar de restricciones infraestructurales significativas, desarrollando estrategias alternativas que maximizan el impacto educativo de los recursos disponibles. La evidencia sugiere la necesidad de fortalecer tanto la infraestructura tecnológica como los programas de desarrollo profesional docente para potenciar la transformación pedagógica en contextos rurales.

El análisis de los desafíos y oportunidades en la incorporación de herramientas digitales revela una compleja interacción entre factores institucionales, pedagógicos y tecnológicos que influyen en la gestión del conocimiento matemático. El docente participante 5 (2024) identifica desafíos estructurales significativos al señalar que "Con respecto al entorno, las barreras más evidentes son, la falta de equipos para poder proyectar dentro del aula, la estabilidad del internet super intermitente y no da la posibilidad de tener una presentación fluida, entonces, el resultado es proceder manualmente y dejar a un lado la posibilidad de compartirles un vídeo orientador, didáctico, claro y sencillo". Esta realidad se ve reforzada por la experiencia del docente participante 2 (2024), quien enfatiza que "las dificultades en nuestras Instituciones públicas para hacer uno de constantes de las herramientas digitales consiste en la poca disponibilidad de recursos tecnológicos", evidenciando cómo las limitaciones infraestructurales constituyen un obstáculo fundamental para la implementación efectiva de tecnologías educativas.

### **3.7. Redacción de resultados y discusión.**

El análisis de los datos obtenidos mediante las entrevistas semiestructuradas aplicadas a los diez docentes de matemáticas de la Institución Educativa Rural La Cruzada revela tendencias y regularidades significativas que, al ser contrastadas con las posiciones teóricas referenciales que fundamentan esta investigación, permiten arribar a conclusiones sustanciales sobre el estado del problema de investigación en el contexto territorial específico donde se desarrolló el estudio. La redacción de estos resultados emerge de un proceso interpretativo riguroso que identifica patrones consistentes en las experiencias narradas por los participantes, estableciendo conexiones profundas entre la evidencia empírica recolectada y los marcos conceptuales que orientan la comprensión del fenómeno estudiado.

La principal tendencia identificada en los datos obtenidos se relaciona con el desarrollo de lo que hemos denominado "pedagogías híbridas adaptativas" por parte de los docentes participantes, un concepto que emerge directamente de sus narrativas y que encuentra resonancia teórica en los planteamientos del construccionismo de Papert y

Harel (2020), quienes sostienen que la integración efectiva de herramientas digitales en la educación matemática no constituye una mera sustitución de métodos tradicionales sino una reconceptualización profunda de cómo se construye y transmite el conocimiento matemático.

Los testimonios recolectados evidencian que los docentes de la IE La Cruzada han desarrollado aproximaciones metodológicas que combinan elementos tradicionales consolidados con incorporaciones tecnológicas específicas, creando síntesis pedagógicas contextualmente apropiadas que trascienden tanto el tradicionalismo puro como la adopción tecnológica acrítica. Esta hibridación no constituye una yuxtaposición mecánica de elementos, sino que representa procesos reflexivos de síntesis pedagógica que los docentes han construido mediante experiencia práctica, adaptación creativa a limitaciones contextuales, y comprensión intuitiva de las adquisiciones específicas que las herramientas digitales proporcionan para la enseñanza matemática en entornos rurales.

El docente participante 1 ejemplifica esta tendencia al describir su evolución metodológica hacia "una secuencia planificada que combina la explicación tradicional para establecer bases conceptuales, seguida de exploración con GeoGebra para que los estudiantes manipulen y descubran relaciones, y finalmente aplicación práctica donde integran lo aprendido" (2024). Esta secuencia tripartita tradicional-digital-aplicación encuentra eco en múltiples testimonios y sugiere la emergencia de un patrón metodológico específico que contrasta significativamente con las aproximaciones binarias que caracterizan buena parte de la literatura sobre integración tecnológica educativa, la cual tiende a presentar dicotomías entre métodos tradicionales y digitales en lugar de explorar síntesis creativas.

La perspectiva del docente participante 7, quien describe cómo "la construcción conceptual participativa se enriquece con herramientas digitales que permiten exploración que sería imposible de otra manera, no es que la tecnología reemplace la explicación tradicional, sino que la potencia y la hace más significativa" (2024), refuerza esta tendencia hacia hibridación consciente y reflexiva que los marcos teóricos

construccionistas anticipan pero que pocas investigaciones empíricas han documentado con la especificidad y profundidad que emergen de este estudio.

La contrastación de estos hallazgos con el modelo TPACK de Mishra y Koehler (2006) revela tanto convergencias como divergencias significativas que enriquecen la comprensión del fenómeno estudiado. Mientras que el modelo TPACK propone la integración armónica de conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar como ideal para la práctica docente efectiva, los datos obtenidos en este estudio evidencian que los docentes rurales han desarrollado competencias TPACK de manera asimétrica, privilegiando dimensiones específicas según sus recursos, formación y contextos institucionales.

El docente participante 9, quien representa el nivel más avanzado de integración TPACK en la muestra, articula esta asimetría al expresar: "Tengo competencias y conocimientos avanzados gracias a la formación en maestría, pero no puedo implementarlos completamente debido a restricciones de acceso y apoyo institucional" (2024). Esta observación sugiere que el modelo TPACK, aunque conceptualmente sólido, requiere adaptaciones contextuales que consideren las limitaciones sistémicas que condicionan las posibilidades de integración tecnológica en entornos educativos rurales. Los docentes han desarrollado lo que podríamos denominar "TPACK adaptativo", donde maximizan dimensiones específicas del modelo según sus posibilidades contextuales en lugar de aspirar a la integración ideal que propone el marco teórico original.

Una segunda tendencia fundamental identificada en los datos se relaciona con la emergencia de "estrategias de resiliencia tecnológica" que los docentes han desarrollado para superar limitaciones infraestructurales sistemáticas. Esta tendencia encuentra sustento teórico en los planteamientos de Trouche et al. (2020) sobre génesis instrumental en educación matemática, particularmente en su conceptualización de cómo los docentes transforman artefactos tecnológicos en instrumentos pedagógicos mediante procesos de apropiación contextualizada.

Los testimonios recolectados evidencian que los docentes participantes han desarrollado capacidades extraordinarias para maximizar el impacto educativo de recursos tecnológicos limitados, transformando restricciones en oportunidades de innovación pedagógica. El docente participante 5 ilustra esta tendencia al explicar: "Al tener equipos limitados e internet inestable, he tenido que aprender a maximizar el impacto de cada herramienta disponible. Esto me ha obligado a conocer GeoGebra mucho más profundamente de lo que probablemente habría hecho si tuviera acceso a múltiples opciones" (2024). Esta observación sugiere que las limitaciones contextuales pueden, bajo ciertas condiciones, catalizar procesos de apropiación tecnológica más profundos y reflexivos que aquellos que emergen en contextos con recursos abundantes.

La contrastación de estos hallazgos con las teorías ecológicas del desarrollo propuestas por Bronfenbrenner (1979) revela cómo los microsistemas educativos rurales generan condiciones específicas que promueven adaptaciones creativas, pero también imponen limitaciones sistemáticas que requieren intervenciones en niveles mesosistémicos y macrosistémicos. Los docentes participantes han desarrollado estrategias de resiliencia que operan principalmente en el nivel microsistémico del aula, pero sus testimonios evidencian frustraciones cuando estas estrategias individuales encuentran límites estructurales que trascienden sus capacidades de transformación personal.

El docente participante 2 articula esta tensión al señalar: "Las dificultades en nuestras Instituciones públicas para hacer uso constante de las herramientas digitales consiste en la poca disponibilidad de recursos tecnológicos. Esto no es culpa de los docentes sino una limitación sistémica que requiere soluciones sistémicas" (2024). Esta perspectiva evidencia una comprensión sofisticada de las dimensiones ecológicas que condicionan la integración tecnológica, sugiriendo que las teorías ecológicas proporcionan marcos explicativos más comprensivos que las teorías centradas exclusivamente en competencias individuales para comprender los fenómenos de adopción tecnológica en contextos rurales.

Una tercera tendencia significativa identificada en los datos se relaciona con la transformación de las concepciones epistemológicas sobre el conocimiento matemático que los docentes han experimentado mediante su interacción con herramientas digitales. Esta tendencia encuentra sustento teórico profundo en los planteamientos de Borba y Villarreal (2005) sobre la reorganización del pensamiento matemático mediado por tecnología, particularmente en su conceptualización de "humanos-con-medios" como unidad de análisis fundamental para comprender cómo las herramientas digitales transforman no solo las prácticas pedagógicas sino también las concepciones sobre la naturaleza del conocimiento matemático.

Los testimonios recolectados evidencian que los docentes han transitado desde concepciones más estáticas y procedimentales del conocimiento matemático hacia comprensiones más dinámicas y relacionales que enfatizan la exploración, manipulación y descubrimiento como elementos centrales del aprendizaje matemático. El docente participante 1 ejemplifica esta transformación al describir cómo concibe "las herramientas digitales como facilitadoras de la construcción activa del conocimiento matemático por parte de los estudiantes. No son simplemente ayudas visuales sino medios que permiten manipulación directa de objetos matemáticos, experimentación con parámetros, y descubrimiento de relaciones que serían imposibles de explorar mediante métodos tradicionales únicamente" (2024).

Esta transformación epistemológica contrasta significativamente con concepciones más tradicionales del conocimiento matemático que enfatizan la transmisión de contenidos estructurados y la práctica procedural como elementos centrales del aprendizaje. El docente participante 4, quien representa una perspectiva más conservadora en la muestra, articula esta tensión al sostener: "Los fundamentos de las matemáticas se construyen mediante explicación clara, práctica dirigida y consolidación gradual, procesos que no requieren necesariamente mediación tecnológica. La tecnología puede apoyar, pero no debe reemplazar metodologías consolidadas" (2024). Esta divergencia en concepciones epistemológicas evidencia que la integración de herramientas digitales en educación matemática no constituye un proceso neutral sino que implica negociaciones profundas sobre la naturaleza del

conocimiento matemático, los procesos óptimos para su construcción, y los roles apropiados para docentes y estudiantes en estos procesos. La contrastación de estos hallazgos con las teorías construccionistas de Papert y Harel (2020) sugiere que las herramientas digitales efectivamente catalizan transformaciones epistemológicas hacia concepciones más construccionistas del conocimiento matemático, pero que estas transformaciones no son automáticas, sino que requieren procesos reflexivos de reconceptualización que pueden verse obstaculizados por concepciones tradicionales consolidadas y limitaciones contextuales específicas.

Los datos obtenidos revelan también una tendencia significativa hacia la "democratización diferenciada" del acceso a experiencias matemáticas enriquecidas mediante herramientas digitales. Esta tendencia encuentra resonancia teórica en los planteamientos de Gutiérrez (2013) sobre equidad en educación matemática, particularmente en su conceptualización de cómo las tecnologías pueden tanto amplificar como reducir inequidades educativas según las modalidades específicas de implementación. Los testimonios recolectados evidencian que las herramientas digitales han permitido a estudiantes rurales acceder a experiencias matemáticas que anteriormente estaban reservadas para contextos urbanos con recursos abundantes, pero que esta democratización opera de manera diferenciada según factores individuales, familiares e institucionales que condicionan el acceso y aprovechamiento de las oportunidades tecnológicas. El docente participante 8 ilustra esta democratización al observar: "GeoGebra nos permite acceder a capacidades que antes solo tenían colegios con recursos abundantes, ahora mis estudiantes rurales pueden explorar matemáticas de manera similar a estudiantes urbanos" (2024). Sin embargo, esta democratización encuentra límites en inequidades de acceso que el mismo docente participante 3 identifica: "El acceso desigual de estudiantes a dispositivos personales genera inequidades dentro del aula que son problemáticas. Algunos estudiantes se benefician más que otros de las herramientas digitales, lo cual puede amplificar en lugar de reducir brechas de aprendizaje" (2024).

Esta tensión entre democratización y diferenciación encuentra explicación teórica en los marcos de justicia social en educación matemática propuestos por

Gutiérrez (2013), quien argumenta que las tecnologías educativas pueden simultáneamente promover acceso y generar nuevas formas de exclusión según las condiciones específicas de implementación. Los datos obtenidos en este estudio sugieren que la democratización tecnológica en contextos rurales requiere atención específica a factores de equidad que trascienden la mera provisión de herramientas para incluir consideraciones sobre acceso diferenciado, competencias digitales heterogéneas, y condiciones socioeconómicas que condicionan las posibilidades de aprovechamiento. La contrastación de estos hallazgos con las teorías críticas de la educación matemática propuestas por Skovsmose (2014) revela que la integración tecnológica en contextos rurales puede constituir tanto una oportunidad de empoderamiento como un riesgo de reproducción de inequidades según las aproximaciones pedagógicas y políticas específicas que orienten su implementación.

Una quinta tendencia identificada en los datos se relaciona con la emergencia de "comunidades de práctica informal" entre docentes que han desarrollado estrategias colaborativas para superar limitaciones individuales e institucionales en la integración de herramientas digitales. Esta tendencia encuentra sustento teórico sólido en los planteamientos de Wenger (1998) sobre comunidades de práctica como espacios de aprendizaje social donde los profesionales desarrollan competencias mediante participación en actividades compartidas, construcción de repertorios comunes, y negociación de significados colectivos. Los testimonios recolectados evidencian que algunos docentes de la IE La Cruzada han establecido redes informales de apoyo mutuo que funcionan como comunidades de práctica emergentes, aunque sin estructura formal o reconocimiento institucional. El docente participante 7 describe esta colaboración: "Coordino con otros colegas para optimizar el uso del aula de sistemas, alternando horarios para que todos tengamos acceso regular. Esto requiere planificación adicional, pero nos permite a todos mantener cierta consistencia en el uso de tecnología" (2024). Esta coordinación trasciende la mera gestión de recursos para incluir intercambio de experiencias, resolución colaborativa de problemas técnicos, y construcción colectiva de conocimiento pedagógico relacionado con integración tecnológica.

La contrastación de estos hallazgos con las teorías de aprendizaje situado propuestas por Lave y Wenger (1991) sugiere que estas comunidades de práctica informal constituyen espacios privilegiados para el desarrollo de competencias contextualizadas que las modalidades formales de desarrollo profesional frecuentemente no logran proporcionar. Sin embargo, los datos también revelan limitaciones significativas en estas comunidades emergentes, incluyendo ausencia de sistematización, dependencia de iniciativas personales, y falta de conexión con redes más amplias de desarrollo profesional. El docente participante 5 ilustra estas limitaciones: "Trabajo de manera más individual, adaptándome a la disponibilidad sin coordinación específica con otros docentes. A veces esto significa que paso semanas sin poder usar tecnología porque otros colegas ya reservaron los espacios" (2024). Esta observación sugiere que las comunidades de práctica informal, aunque valiosas, requieren apoyo institucional y estructura organizativa para maximizar su potencial como espacios de desarrollo profesional colaborativo.

Los datos revelan también una tendencia hacia la "instrumentalización creativa" de herramientas digitales por parte de los docentes, quienes han desarrollado usos pedagógicos que frecuentemente trascienden las funcionalidades originalmente previstas por los diseñadores de software educativo. Esta tendencia encuentra explicación teórica en los planteamientos de Rabardel (1995) sobre génesis instrumental, particularmente en su conceptualización de cómo los usuarios transforman artefactos tecnológicos en instrumentos mediante procesos de apropiación que incluyen tanto asimilación de funcionalidades existentes como acomodación creativa que genera nuevas posibilidades de uso. Los testimonios recolectados evidencian que los docentes de la IE La Cruzada han desarrollado estrategias creativas para adaptar herramientas digitales genéricas a necesidades pedagógicas específicas del contexto rural, creando modalidades de uso que no estaban contempladas en el diseño original pero que responden efectivamente a las características de sus estudiantes y limitaciones institucionales. El docente participante 9 ejemplifica esta instrumentalización creativa al describir cómo "Los problemas hay que familiarizarlos a ellos con su propio lenguaje", lo cual implica procesos complejos de

contextualización cultural y lingüística que requieren adaptación creativa de contenidos y herramientas digitales originalmente diseñados para otros contextos.

Esta instrumentalización creativa contrasta con aproximaciones más prescriptivas a la integración tecnológica que enfatizan el cumplimiento de protocolos establecidos y la implementación fiel de metodologías prediseñadas. Los datos sugieren que los docentes rurales han desarrollado competencias específicas de adaptación tecnológica que les permiten maximizar el valor pedagógico de herramientas digitales mediante usos creativos que consideran simultáneamente las adquisiciones tecnológicas, las necesidades de aprendizaje de sus estudiantes, y las limitaciones contextuales específicas de su entorno educativo. La contrastación de estos hallazgos con las teorías de diseño participativo en tecnología educativa propuestas por Penuel et al. (2011) sugiere que los procesos de instrumentalización creativa que desarrollan los docentes rurales constituyen formas de diseño colaborativo no reconocidas que podrían informar el desarrollo de tecnologías educativas más apropiadas para contextos con recursos limitados.

Una tendencia adicional identificada en los datos se relaciona con la transformación de las prácticas evaluativas hacia modalidades más formativas y diferenciadas mediante el uso de herramientas digitales. Esta tendencia encuentra sustento teórico en los planteamientos de Black y Wiliam (2009) sobre evaluación formativa como elemento central para el aprendizaje efectivo, particularmente en su conceptualización de cómo las tecnologías pueden facilitar retroalimentación inmediata, seguimiento detallado del progreso estudiantil, y personalización de las experiencias evaluativas. Los testimonios recolectados evidencian que los docentes han experimentado con modalidades evaluativas digitales que trascienden las limitaciones de las evaluaciones tradicionales para incluir elementos como retroalimentación inmediata, trazabilidad de procesos de pensamiento, y adaptación a ritmos individuales de aprendizaje. El docente participante 1 describe esta transformación: "He diversificado mis instrumentos de evaluación para incluir rúbricas digitales, portfolios electrónicos, autoevaluaciones mediante plataformas como ThatQuiz y Khan Academy, y evaluaciones basadas en proyectos digitales. Esta diversificación me permite capturar

aspectos del aprendizaje matemático que las evaluaciones tradicionales no pueden detectar" (2024).

Sin embargo, la implementación de estas modalidades evaluativas enfrenta limitaciones significativas relacionadas con infraestructura tecnológica, competencias técnicas, y concepciones tradicionales sobre evaluación que persisten en algunos docentes y contextos institucionales. El docente participante 5 ilustra estas limitaciones: "No he podido implementar evaluación digital efectiva debido a limitaciones de equipos y conectividad. En lo poco que he explorado, la sala de sistemas no tiene suficientes equipos operativos y la conexión a internet es muy inestable para evaluaciones confiables" (2024). Esta tensión entre posibilidades teóricas y limitaciones prácticas sugiere que la transformación de prácticas evaluativas mediante herramientas digitales requiere no solo competencias técnicas y pedagógicas sino también condiciones institucionales que garanticen acceso estable y equitativo a recursos tecnológicos. La contrastación de estos hallazgos con las teorías de evaluación auténtica propuestas por Wiggins (1993) revela que las herramientas digitales pueden facilitar modalidades evaluativas más auténticas y contextualizadas, pero que esta facilitación depende críticamente de factores sistémicos que trascienden las decisiones individuales de los docentes.

Los datos obtenidos revelan también una tendencia hacia la "metacognición tecnológica" por parte de los docentes, quienes han desarrollado capacidades reflexivas para evaluar críticamente la efectividad, limitaciones y consecuencias no intencionales de su uso de herramientas digitales en la enseñanza matemática. Esta tendencia encuentra explicación teórica en los marcos de pensamiento reflexivo propuestos por Schön (1983), particularmente en su conceptualización de cómo los profesionales desarrollan competencias de reflexión-en-la-acción que les permiten adaptar sus prácticas mediante evaluación continua de resultados y ajuste de estrategias según evidencia emergente.

Los testimonios recolectados evidencian que los docentes no solo han adoptado herramientas digitales sino que han desarrollado capacidades sofisticadas para evaluar su

impacto, identificar consecuencias no anticipadas, y ajustar sus aproximaciones según evidencia de efectividad pedagógica. El docente participante 8 ejemplifica esta metacognición al reflexionar: "Mi desarrollo profesional me ha llevado a valorar más el uso sistemático de tecnología, pero esto también me hace más exigente con la calidad de la implementación. Prefiero usar tecnología menos frecuentemente, pero de manera más efectiva" (2024).

Esta metacognición tecnológica incluye también capacidades para identificar y abordar consecuencias no intencionales de la integración tecnológica, incluyendo dependencia excesiva, distracción estudiantil, y amplificación de inequidades. El docente participante 1 articula estas preocupaciones: "Una limitación importante que observo es la potencial dependencia excesiva de tecnología que algunos estudiantes desarrollan. Cuando los equipos no están disponibles, algunos muestran dificultades para abordar problemas mediante métodos tradicionales, lo cual sugiere que la integración debe mantener equilibrio" (2024).

Esta capacidad para identificar y abordar efectos contraproducentes sugiere que los docentes han desarrollado marcos evaluativos sofisticados que trascienden el entusiasmo inicial por la innovación tecnológica para incluir consideraciones críticas sobre equidad, sostenibilidad y efectividad pedagógica. La contrastación de estos hallazgos con las teorías críticas de la tecnología educativa propuestas por Selwyn (2011) revela que los docentes rurales han desarrollado perspectivas balanceadas que reconocen tanto las potencialidades como las limitaciones de las herramientas digitales, evitando tanto el tecno-optimismo acrítico como el tecno-pesimismo que caracteriza algunos discursos sobre tecnología educativa.

Una tendencia final identificada en los datos se relaciona con la emergencia de "aspiraciones de transformación sistémica" entre los docentes, quienes han transitado desde perspectivas iniciales centradas en resolución de problemas inmediatos hacia visiones más comprehensivas sobre las condiciones institucionales y políticas necesarias para la integración tecnológica efectiva en educación rural. Esta tendencia encuentra sustento teórico en los marcos de cambio educativo propuestos por Fullan (2007),

particularmente en su conceptualización de cómo la innovación pedagógica individual puede catalizar aspiraciones de transformación sistémica cuando los docentes desarrollan comprensión de las dimensiones estructurales que condicionan su práctica profesional.

Los testimonios recolectados evidencian que los docentes han transitado desde frustraciones iniciales con limitaciones técnicas hacia comprensiones más sofisticadas sobre las dimensiones sistémicas de la integración tecnológica, incluyendo políticas institucionales, modelos de financiación, programas de desarrollo profesional, y estructuras de apoyo técnico. El docente participante 2 articula esta comprensión sistémica: "Las dificultades en nuestras Instituciones públicas para hacer uso constante de las herramientas digitales consiste en la poca disponibilidad de recursos tecnológicos. Esto no es culpa de los docentes sino una limitación sistémica que requiere soluciones sistémicas" (2024).

Esta evolución hacia perspectivas sistémicas se manifiesta también en aspiraciones específicas sobre las condiciones que facilitan la integración tecnológica efectiva, incluyendo infraestructura estable, programas de formación contextualizada, comunidades de práctica estructuradas, y políticas institucionales coherentes. El docente participante 8 ejemplifica estas aspiraciones: "Necesito apoyo institucional sistemático que trascienda la provisión de recursos para incluir políticas claras, formación continua, y reconocimiento del tiempo adicional que requiere la integración tecnológica efectiva" (2024).

Estas aspiraciones no constituyen quejas pasivas sino propuestas constructivas que evidencian la comprensión de los elementos necesarios para la transformación educativa sostenible. La contrastación de estos hallazgos con las teorías de cambio educativo de segundo orden propuestas por Cuban (2013) sugiere que las experiencias de los docentes rurales con herramientas digitales han catalizado comprensiones más profundas sobre la naturaleza sistémica del cambio educativo, preparando condiciones cognitivas y motivacionales para participar en procesos de transformación más comprensivos que trascienden iniciativas individuales.

En síntesis, la contrastación de los resultados obtenidos con las posiciones teóricas referenciales que fundamentan esta investigación revela que los docentes de matemáticas de la Institución Educativa Rural La Cruzada han desarrollado aproximaciones a la integración de herramientas digitales que evidencian tanto las potencialidades como las limitaciones de los marcos teóricos existentes para comprender los fenómenos de adopción tecnológica en contextos educativos rurales. Las tendencias identificadas sugieren que estos docentes han transitado más allá de la mera implementación de tecnologías hacia el desarrollo de competencias complejas de adaptación, innovación y reflexión que les permiten maximizar el impacto pedagógico de recursos limitados mientras desarrollan visiones críticas sobre las condiciones sistémicas necesarias para la transformación educativa sostenible.

Estos hallazgos contribuyen significativamente al campo de conocimiento sobre integración tecnológica en educación matemática rural, proporcionando evidencia empírica que tanto válida como enriquece los marcos teóricos existentes mientras identifica áreas que requieren desarrollo conceptual adicional para comprender plenamente la complejidad de los procesos de cambio pedagógico mediado por tecnología en contextos con recursos limitados.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el estado del problema de investigación en el contexto territorial específico de la IE La Cruzada se caracteriza por una dialéctica compleja entre potencialidades pedagógicas reconocidas y limitaciones sistémicas que condicionan su realización, donde los docentes han desarrollado competencias extraordinarias de adaptación y resiliencia que les permiten generar impactos educativos significativos a pesar de restricciones infraestructurales, pero donde estas competencias individuales encuentran límites estructurales que requieren intervenciones en niveles institucionales y políticos para su plena realización. Esta conclusión fundamenta la necesidad de aproximaciones sistémicas que articulen el desarrollo de competencias individuales con la transformación de condiciones institucionales, tal como se propone en el modelo CODAM que constituye la propuesta de transformación derivada de esta investigación.

## **Capítulo IV: Propuesta de transformación**

El presente capítulo constituye la materialización propositiva de los hallazgos empíricos obtenidos a través de la investigación fenomenológica desarrollada con los docentes de matemáticas de la Institución Educativa Rural La Cruzada. La "Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático" (CODAM) emerge como respuesta directa a las tendencias y necesidades identificadas en el análisis de resultados, particularmente ante la evidencia de que los docentes han desarrollado pedagogías híbridas adaptativas que encuentran límites estructurales requiriendo intervenciones sistémicas. Esta propuesta se fundamenta en el paradigma construccionista que orienta la investigación, diseñando un modelo pedagógico integral que articule el desarrollo de competencias digitales docentes, el fortalecimiento de infraestructura tecnológica adaptativa, la creación de espacios colaborativos y el diseño de recursos contextualizados. CODAM constituye una propuesta de transformación ecosistémica que reconoce la complejidad multidimensional de la integración tecnológica efectiva en educación matemática rural, abordando simultáneamente las dimensiones infraestructurales, pedagógicas, formativas y organizacionales identificadas en el estudio.

### **4.1. Fundamentación de la propuesta de transformación.**

La propuesta "Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático" (CODAM) se fundamenta en las evidencias empíricas obtenidas durante la investigación fenomenológica sobre los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas. Los hallazgos documentan la existencia de una brecha entre el potencial pedagógico de las tecnologías digitales y las limitaciones contextuales que enfrentan los docentes en entornos rurales, específicamente en la Institución Educativa La Cruzada. Esta propuesta responde a las necesidades identificadas de fortalecer la infraestructura tecnológica, desarrollar competencias digitales docentes y establecer mecanismos sostenibles para la colaboración profesional y el intercambio de conocimientos. El enfoque construccionista adoptado prioriza la creación activa y colaborativa de conocimiento matemático,

concibiendo a los docentes como diseñadores y facilitadores de experiencias de aprendizaje mediadas por tecnología, no como meros consumidores de recursos digitales.

Los aspectos teóricos que sustentan la propuesta integran el modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006) con el enfoque documental desarrollado por Trouche et al. (2020), enfatizando las dimensiones sociales y contextuales de la gestión del conocimiento matemático. La propuesta considera las adaptaciones necesarias para entornos con recursos limitados, respondiendo a las condiciones específicas identificadas en la investigación respecto a la conectividad intermitente, la disponibilidad restringida de equipos tecnológicos y las limitaciones de infraestructura. Además, incorpora elementos del aprendizaje situado y las comunidades de práctica (Wenger, 1998), reconociendo que el desarrollo profesional docente ocurre mediante la participación en actividades socialmente significativas donde el conocimiento se construye colectivamente a través de interacciones situadas en contextos específicos.

## **4.2. Estructura de la propuesta de transformación.**

### ***4.2.1. Título o denominación de la propuesta***

**Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático" (CODAM): Modelo pedagógico integrado para la transformación de la enseñanza matemática mediada por herramientas digitales en contextos educativos rurales**

### ***4.2.2. Fundamentación teórica conceptual de la propuesta***

La propuesta CODAM se fundamenta en una arquitectura teórica multicapa que integra paradigmas educativos contemporáneos adaptados al contexto rural colombiano:

#### **Paradigma Central: Construccionismo Social**

El **construccionismo de Papert y Harel (2020)** constituye el núcleo epistemológico de CODAM, concibiendo el aprendizaje matemático como un proceso activo donde estudiantes y docentes construyen conocimiento mediante la creación y

manipulación de objetos digitales. Este enfoque trasciende el constructivismo tradicional al enfatizar la dimensión social y colaborativa de la construcción del conocimiento, particularmente relevante en contextos rurales donde las redes comunitarias son fundamentales.

### **Marco Integrador: Modelo TPACK Contextualizado**

El **Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK)** de Mishra y Koehler (2006) proporciona la estructura para comprender y desarrollar competencias docentes que articulen coherentemente:

- **Conocimiento del Contenido (CK):** Dominio profundo de conceptos matemáticos
- **Conocimiento Pedagógico (PK):** Estrategias de enseñanza contextualmente apropiadas
- **Conocimiento Tecnológico (TK):** Competencias digitales adaptativas para entornos con recursos limitados

La investigación evidenció que los docentes rurales desarrollan "TPACK adaptativo", maximizando dimensiones específicas según sus posibilidades contextuales, lo cual fundamenta el diseño flexible de CODAM.

### **Enfoque Documental: Génesis Instrumental Colaborativa**

El **enfoque documental de Trouche et al. (2020)** sustenta la comprensión de cómo los docentes transforman recursos digitales en instrumentos pedagógicos mediante procesos de génesis instrumental. CODAM reconoce que los docentes no son meros consumidores de tecnología sino creadores activos que adaptan herramientas según sus necesidades pedagógicas específicas.

### **Teoría de Comunidades de Práctica**

Los **planteamientos de Wenger (1998)** fundamentan la dimensión colaborativa de CODAM, reconociendo que el desarrollo profesional docente ocurre mediante participación en comunidades donde el conocimiento se construye colectivamente. La evidencia de "comunidades de práctica informales" identificada en la investigación sustenta el diseño de espacios colaborativos estructurados.

### **Teorías Ecológicas del Desarrollo**

Los **marcos ecológicos de Bronfenbrenner (1979)** informan la comprensión de cómo los microsistemas educativos rurales requieren intervenciones que consideren simultáneamente factores individuales, institucionales y comunitarios para generar transformaciones sostenibles.

#### ***4.2.3. Objetivo general de la propuesta***

Implementar un modelo pedagógico integrado de herramientas digitales que fortalezca la gestión del conocimiento matemático en la práctica docente, promoviendo la transformación sostenible de los procesos de enseñanza-aprendizaje en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural La Cruzada, mediante el desarrollo de competencias digitales docentes, infraestructura adaptativa y comunidades colaborativas de práctica, durante el período 2025-2027.

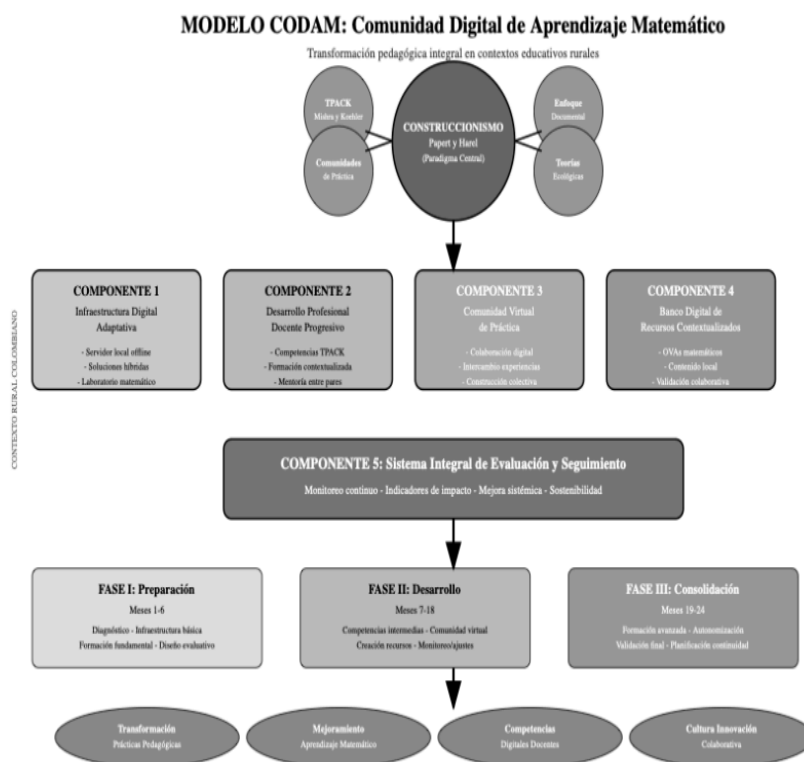
#### ***4.2.4. Objetivos específicos de la propuesta***

1. **Desarrollar infraestructura digital adaptativa** que garantice acceso sostenible a herramientas tecnológicas matemáticas en contextos de conectividad limitada, mediante soluciones híbridas offline/online que maximicen el aprovechamiento de recursos existentes.
2. **Establecer un programa de desarrollo profesional progresivo** para fortalecer las competencias TPACK de los docentes, integrando formación técnica, pedagógica y disciplinar específica para la enseñanza matemática mediada por tecnología.

3. **Crear una comunidad virtual de práctica matemática** que facilite la colaboración, intercambio de experiencias y construcción colectiva de conocimiento entre docentes, trascendiendo limitaciones geográficas y temporales.
4. **Diseñar colaborativamente un banco digital de recursos matemáticos contextualizados** que responda a las necesidades específicas del entorno rural y cultural, promoviendo la apropiación local del conocimiento matemático.
5. **Implementar un sistema integral de evaluación y seguimiento** que permita monitorear el impacto de la propuesta en la transformación de prácticas pedagógicas y el mejoramiento del aprendizaje matemático estudiantil.

**Figura 1.**

*Modelo CODAM: Estructura integral de componentes, fases y resultados*



#### ***4.2.6. Fases y etapas de implementación***

##### **FASE I: Preparación y Fundamentación (Meses 1-6)**

###### **Etapa 1.1: Diagnóstico Integral (Mes 1)**

- Auditoría tecnológica institucional completa
- Evaluación inicial de competencias TPACK docentes
- Análisis de necesidades específicas del contexto rural
- Mapeo de recursos y limitaciones existentes

###### **Etapa 1.2: Diseño e Implementación de Infraestructura (Meses 2-4)**

- Instalación de servidor local con contenidos offline
- Configuración de laboratorio matemático digital
- Establecimiento de protocolos de conectividad híbrida
- Capacitación técnica básica para mantenimiento

###### **Etapa 1.3: Estructuración del Sistema Evaluativo (Meses 5-6)**

- Diseño de indicadores de proceso y resultado
- Desarrollo de instrumentos de medición
- Establecimiento de línea base institucional
- Protocolos de recolección y análisis de datos

##### **FASE II: Desarrollo e Implementación (Meses 7-18)**

###### **Etapa 2.1: Formación Docente Progresiva (Meses 7-12)**

- Desarrollo de competencias TPACK fundamentales

- Talleres de herramientas digitales matemáticas
- Diseño de actividades pedagógicas contextualizadas
- Evaluación continua del progreso formativo

#### **Etapa 2.2: Consolidación de Comunidad Virtual (Meses 10-15)**

- Lanzamiento de plataforma colaborativa
- Dinamización de espacios de intercambio
- Facilitación de proyectos colaborativos
- Establecimiento de protocolos de participación

#### **Etapa 2.3: Creación Colaborativa de Recursos (Meses 13-18)**

- Talleres de producción de OVAs matemáticos
- Desarrollo de contenidos contextualizados
- Validación por pares y estudiantes
- Sistematización en banco digital

#### **FASE III: Consolidación y Sostenibilidad (Meses 19-24)**

##### **Etapa 3.1: Formación Avanzada y Especialización (Meses 19-21)**

- Competencias avanzadas en tecnología educativa
- Mentoría entre pares y liderazgo distribuido
- Proyectos de innovación autónomos
- Documentación de mejores prácticas

##### **Etapa 3.2: Autonomización y Transferencia (Meses 22-24)**

- Transferencia de liderazgo a docentes locales
- Establecimiento de alianzas institucionales
- Planificación de continuidad y expansión
- Evaluación de impacto integral

#### **4.2.7. Acciones y actividades específicas**

##### **Componente 1: Infraestructura Digital Adaptativa**

###### **Acciones Técnicas:**

- Instalación y configuración de servidor Moodle local con contenidos matemáticos offline
- Implementación de sistema de préstamo rotativo de tablets
- Configuración de aplicaciones con capacidad de sincronización automática
- Establecimiento de protocolos de backup y mantenimiento preventivo

###### **Acciones Pedagógicas:**

- Diseño de secuencias didácticas adaptadas a disponibilidad tecnológica
- Creación de protocolos de uso compartido de recursos
- Desarrollo de estrategias de gestión del tiempo tecnológico
- Formación en troubleshooting básico para docentes

##### **Componente 2: Desarrollo Profesional Docente**

###### **Acciones Formativas:**

- Talleres presenciales mensuales de 8 horas sobre herramientas específicas

- Sesiones de autoaprendizaje guiado con materiales contextualizados
- Observación y retroalimentación de clases entre pares
- Elaboración de portafolios digitales de evidencias de aprendizaje

#### **Acciones de Acompañamiento:**

- Mentoría personalizada con expertos externos
- Círculos de estudio colaborativo entre docentes
- Participación en webinars especializados
- Proyectos de investigación-acción en el aula

#### **Componente 3: Comunidad Virtual de Práctica**

##### **Acciones Colaborativas:**

- Encuentros virtuales mensuales con agenda temática estructurada
- Challenges matemáticos colaborativos trimestrales
- Foros de discusión asincrónica por niveles educativos
- Intercambio sistemático de recursos y experiencias

##### **Acciones de Dinamización:**

- Moderación especializada de espacios virtuales
- Invitación de expertos nacionales e internacionales
- Documentación y sistematización de experiencias exitosas
- Reconocimiento público de innovaciones destacadas

#### **Componente 4: Banco Digital de Recursos**

**Acciones de Creación:**

- Talleres de producción de videos educativos contextualizados
- Desarrollo de simulaciones matemáticas con software libre
- Adaptación cultural de problemas matemáticos globales
- Creación de evaluaciones digitales formativas

**Acciones de Validación:**

- Pilotaje de recursos con grupos estudiantiles diversos
- Evaluación por pares académicos especializados
- Retroalimentación sistemática de usuarios finales
- Mejoramiento iterativo basado en evidencia de uso

**Componente 5: Sistema de Evaluación****Acciones de Monitoreo:**

- Recolección trimestral de datos cuantitativos de uso
- Entrevistas semestrales de seguimiento cualitativo
- Observación estructurada de prácticas pedagógicas
- Análisis de resultados académicos estudiantiles

**Acciones de Mejoramiento:**

- Análisis de datos y generación de reportes ejecutivos
- Ajustes metodológicos basados en evidencia
- Socialización de resultados con comunidad educativa

- Planificación de acciones correctivas y preventivas

#### **4.2.8. Selección de métodos, técnicas e instrumentos**

##### **Métodos Pedagógicos:**

##### **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP):**

- Desarrollo de proyectos matemáticos contextualizados que integren herramientas digitales
- Resolución colaborativa de problemas comunitarios mediante modelación matemática
- Creación de productos digitales que evidencien aprendizaje significativo

##### **Aprendizaje Colaborativo Mediado por Tecnología:**

- Trabajo en equipos virtuales para desarrollo de recursos
- Construcción colectiva de conocimiento mediante plataformas digitales
- Peer learning y mentoría entre docentes de diferentes niveles de experiencia

##### **Investigación-Acción Participativa:**

- Ciclos de reflexión-acción-reflexión sobre la práctica pedagógica
- Documentación sistemática de innovaciones y adaptaciones
- Mejoramiento continuo basado en evidencia propia

##### **Técnicas de Implementación:**

##### **Formación Híbrida (Blended Learning):**

- Combinación estratégica de sesiones presenciales y virtuales

- Uso de múltiples canales de comunicación sincrónica y asincrónica
- Personalización de rutas de aprendizaje según necesidades individuales

#### **Gamificación Educativa:**

- Implementación de elementos lúdicos en procesos formativos
- Sistemas de reconocimiento y progresión por logros
- Challenges y competencias colaborativas que motiven participación

#### **Storytelling Digital:**

- Narrativas de experiencias exitosas para inspirar adopción
- Documentación audiovisual de transformaciones pedagógicas
- Construcción de identidad colectiva mediante relatos compartidos

#### **Instrumentos de Aplicación:**

#### **Instrumentos de Diagnóstico:**

- Cuestionario TPACK contextualizado para docentes rurales
- Matriz de evaluación de infraestructura tecnológica institucional
- Encuesta de necesidades y expectativas de la comunidad educativa
- Pruebas de competencias matemáticas digitales para estudiantes

#### **Instrumentos de Formación:**

- Manuales de usuario contextualizados para herramientas específicas
- Rúbricas de autoevaluación de competencias digitales
- Plantillas para diseño de actividades pedagógicas digitales

- Protocolos de observación y retroalimentación entre pares

#### **Instrumentos de Evaluación:**

- Indicadores cuantitativos de uso y apropiación tecnológica
- Entrevistas semiestructuradas de seguimiento cualitativo
- Portafolios digitales de evidencias de transformación pedagógica
- Pruebas estandarizadas de rendimiento académico estudiantil

#### **Instrumentos Tecnológicos:**

- Plataforma Moodle personalizada para gestión de contenidos
- Aplicaciones móviles offline para matemáticas (GeoGebra, Khan Academy)
- Herramientas de comunicación asincrónica (Telegram, WhatsApp Business)
- Software de análisis de datos para monitoreo (Google Analytics, formularios)

#### ***4.2.9. Recursos necesarios para la aplicación***

##### **Recursos Tecnológicos**

- **Hardware:** 25 tablets educativas, 3 proyectores interactivos, 1 servidor local, equipos de conectividad híbrida
- **Software:** Licencias educativas, aplicaciones especializadas, plataformas de gestión
- **Conectividad:** Mejoramiento de infraestructura de internet, soluciones de respaldo
- **Mantenimiento:** Servicio técnico especializado, garantías extendidas

##### **Recursos Humanos**

- **Coordinador General:** Profesional con experiencia en gestión de proyectos educativos tecnológicos
- **Formadores Especializados:** Expertos en educación matemática y tecnología educativa
- **Técnico en Sistemas:** Soporte técnico permanente para infraestructura y aplicaciones
- **Evaluador Externo:** Investigador independiente para validación de resultados

#### **Recursos Financieros**

- **Presupuesto Total:** USD \$112,400 distribuidos en 24 meses
- **Fuentes de Financiación:** Recursos propios institucionales, aportes gubernamentales, cooperación internacional
- **Cofinanciación:** Participación de empresa privada en componente tecnológico

#### **Recursos Operativos**

- **Espacios Físicos:** Laboratorio de matemáticas, aulas adaptadas, espacios de formación docente
- **Materiales Didácticos:** Recursos impresos complementarios, materiales manipulativos digitales
- **Transporte:** Movilización para encuentros presenciales y capacitaciones externas
- **Comunicaciones:** Plataformas digitales, servicios de hosting, dominios web

La propuesta CODAM se configura como un modelo integral que articula marco teórico, objetivos, componentes operativos y recursos necesarios para generar una transformación sostenible en la enseñanza matemática rural mediada por herramientas

digitales. Su diseño flexible y contextualizado permite adaptación a diferentes entornos educativos similares, garantizando pertinencia y viabilidad en su implementación.

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

#### 4.3.1. Sistema de indicadores y criterios de evaluación

La evaluación de la propuesta CODAM se estructura mediante un sistema integral de indicadores cuantitativos y cualitativos organizados por componentes, que permite monitorear tanto los procesos como los resultados esperados. Las Tablas 1 a 5 presentan los sistemas de evaluación específicos para cada componente de la propuesta.

*Tabla 6. Indicadores de evaluación, componente 1: infraestructura digital adaptativa*

<b>Indicador</b>	<b>Tipo</b>	<b>Meta</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Porcentaje de aulas equipadas	Cuantitativo	100%	Lista de verificación
Tiempo promedio de acceso diario	Cuantitativo	2 horas	Registro de uso
Disponibilidad de conectividad	Cuantitativo	80%	Monitoreo automático
Dispositivos operativos	Cuantitativo	25 equipos	Inventario técnico
Funcionalidad del sistema	Cualitativo	Óptima	Observación estructurada
Satisfacción usuaria	Cualitativo	Alta	Encuesta de satisfacción

*Nota.* Los indicadores de infraestructura miden tanto capacidad instalada como eficiencia operativa del sistema tecnológico.

*Tabla 7. Indicadores de evaluación - Componente 2: Desarrollo Profesional Docente*

<b>Indicador</b>	<b>Tipo</b>	<b>Meta</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Compleitud de módulos formativos	Cuantitativo	90%	Registro académico
Incremento puntaje TPACK	Cuantitativo	30%	Test pre/post
Herramientas digitales utilizadas	Cuantitativo	5 por docente	Portafolio digital
Frecuencia uso en clases	Cuantitativo	3/semana	Planificaciones de clase
Calidad de materiales creados	Cualitativo	Excelente	Rúbrica de evaluación
Transformación práctica evaluativa	Cualitativo	Significativa	Observación de aula

*Nota.* Este componente evalúa tanto la adquisición de competencias como su transferencia efectiva al aula.

*Tabla 8. Indicadores de evaluación - Componente 3: Comunidad Virtual de Práctica*

<b>Indicador</b>	<b>Tipo</b>	<b>Meta</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Participantes activos	Cuantitativo	40 docentes	Analytics de plataforma
Interacciones semanales	Cuantitativo	50	Registro automático
Recursos compartidos mensual	Cuantitativo	20	Contador de publicaciones
Encuentros virtuales realizados	Cuantitativo	24 en 2 años	Actas de reuniones
Calidad de discusiones	Cualitativo	Rica/profunda	Análisis de contenido
Innovaciones colaborativas	Cualitativo	Documentadas	Estudios de caso

*Nota.* La evaluación de la comunidad enfatiza tanto la participación como la calidad de las interacciones profesionales.

*Tabla 9. Indicadores de evaluación - Componente 4: Banco Digital de Recursos*

<b>Indicador</b>	<b>Tipo</b>	<b>Meta</b>	<b>Instrumento de medición</b>
OVA's desarrollados	Cuantitativo	50	Inventario digital
Promedio accesos por recurso	Cuantitativo	100	Google Analytics
Recursos validados por pares	Cuantitativo	100%	Registro de validación
Cobertura curricular	Cuantitativo	80% temas	Matriz curricular
Pertinencia cultural	Cualitativo	Contextualizado	Panel de expertos
Usabilidad recursos	Cualitativo	Intuitiva	Pruebas con usuarios

*Nota.* Este componente evalúa tanto cantidad como calidad y pertinencia de los recursos desarrollados.

*Tabla 10. Indicadores de evaluación - Componente 5: Sistema de Seguimiento*

<b>Indicador</b>	<b>Tipo</b>	<b>Meta</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Actividades ejecutadas	Cuantitativo	95%	Cronograma vs. ejecución
Informes de seguimiento	Cuantitativo	8 trimestrales	Documentos generados
Participación en evaluaciones	Cuantitativo	100% docentes	Registros de asistencia
Mejora Pruebas Saber	Cuantitativo	15% incremento	Resultados ICFES
Apropiación institucional	Cualitativo	Consolidada	Entrevistas en profundidad

Transformación cultural	Cualitativo	Evidente	Estudios etnográficos
-------------------------	-------------	----------	-----------------------

*Nota.* El sistema de seguimiento mide tanto el cumplimiento de actividades como el impacto en resultados académicos.

#### **4.3.2. Recursos necesarios para implementación**

La Tabla 6 presenta el desglose detallado de recursos financieros, humanos y materiales requeridos para la implementación exitosa de la propuesta CODAM.

*Tabla 11. Presupuesto detallado de recursos para implementación de CODAM*

<b>Categoría</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unit. (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>Tecnológicos</b>	Tablets/computadores	25	1,000	25,000
	Servidor local	1	3,000	3,000
	Proyectores interactivos	3	2,000	6,000
	Software/licencias	Paquete	2,000	2,000
	Mejoras conectividad	Sistema	3,000	3,000
<b>Humanos</b>	Coordinador general	24 meses	1,000	24,000
	Formadores TIC	3 personas	6,000	18,000
	Técnico sistemas	24 meses	500	12,000
	Evaluador externo	Consultoría	5,000	5,000
<b>Operativos</b>	Materiales talleres	Global	3,000	3,000
	Plataforma virtual	24 meses	100	2,400
	Transporte encuentros	Global	4,000	4,000
	Producción recursos	Global	5,000	5,000

<b>TOTAL</b>				<b>112,400</b>
--------------	--	--	--	----------------

*Nota.* Presupuesto elaborado con precios estimados para 2024. IVA no incluido donde aplique.

#### **4.3.3. Análisis de requisitos de la propuesta**

La Tabla 7 sintetiza la evaluación de cumplimiento de los requisitos esenciales que debe poseer una propuesta de transformación según estándares académicos reconocidos.

*Tabla 12. Evaluación de requisitos esenciales de la propuesta CODAM*

<b>Requisito</b>	<b>Nivel cumplimiento</b>	<b>Evidencias</b>
<b>Pertinencia</b>	Muy alto	Responde a necesidades identificadas en investigación: 68% docentes reportó limitaciones infraestructura, 45% carencias competencias digitales
<b>Validez</b>	Alto	Fundamentación teórica sólida (construccionismo, TPACK), coherencia entre componentes, experiencias exitosas documentadas
<b>Factibilidad</b>	Alto	Cronograma realista 24 meses, presupuesto ajustado, soluciones adaptativas para limitaciones contextuales
<b>Aplicabilidad</b>	Muy alto	Manuales operativos, procesos documentados, instrumentos validados, protocolos de adaptación contextual
<b>Generalización</b>	Alto	Atiende problemáticas comunes ruralidad, soluciones escalables, principios metodológicos transferibles
<b>Novedad</b>	Muy alto	Integración sistémica único, modelo híbrido offline/online, recursos contextualizados colaborativos

*Nota.* Evaluación basada en criterios establecidos por Hernández et al. (2014) para propuestas transformadoras.

#### 4.3.4. Plan de sostenibilidad

La Tabla 8 detalla las estrategias de sostenibilidad diseñadas para garantizar la continuidad de CODAM más allá del período de implementación inicial.

Tabla 13. Estrategias de sostenibilidad de la propuesta CODAM

<b>Dimensión</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Acciones específicas</b>	<b>Responsables</b>
<b>Financiera</b>	Diversificación fuentes	Convenios gobierno, empresa privada, cooperación	Coordinación general
<b>Técnica</b>	Transferencia capacidades	Formación técnicos internos, manuales mantenimiento	Técnico sistemas
<b>Pedagógica</b>	Institucionalización	Inclusión en PEI, políticas institucionales	Rectoría, coord. académica
<b>Social</b>	Apropiación comunitaria	Liderazgo distribuido, sentido pertenencia	Comunidad educativa
<b>Organizacional</b>	Estructura permanente	Comité CODAM institucional, protocolos	Consejo directivo

*Nota.* Plan desarrollado para garantizar continuidad post-intervención según modelo de sostenibilidad sistémica.

#### 4.3.5. Cronograma de evaluación

La Tabla 9 presenta el cronograma específico de actividades evaluativas distribuidas a lo largo del período de implementación de 24 meses.

Tabla 14. Cronograma de actividades de evaluación CODAM

<b>Período</b>	<b>Tipo evaluación</b>	<b>Actividades específicas</b>	<b>Participantes</b>
<b>Mes 1</b>	Línea base	Diagnóstico inicial competencias, infraestructura	Todos los docentes
<b>Meses 3,6,9</b>	Seguimiento trimestral	Aplicación indicadores, entrevistas seguimiento	Muestra representativa

<b>Mes 12</b>	Evaluación intermedia	Análisis profundo avances, ajustes necesarios	Evaluador externo
<b>Meses 15,18,21</b>	Seguimiento trimestral	Monitoreo continuado indicadores clave	Coordinación proyecto
<b>Mes 24</b>	Evaluación final	Medición impacto, documentación experiencia	Toda la comunidad
<b>Mes 30</b>	Evaluación impacto	Análisis sostenibilidad, efectos a mediano plazo	Evaluador independiente

*Nota.* Las evaluaciones combinan métodos cuantitativos y cualitativos para una perspectiva integral del proceso.

#### ***4.3.6. Transformación del estado del problema***

La implementación de la propuesta CODAM transformará fundamentalmente el estado del problema identificado en la Institución Educativa Rural La Cruzada. Donde inicialmente existía una brecha significativa entre el potencial pedagógico de las herramientas digitales y las limitaciones contextuales que impedían su aprovechamiento efectivo, se establecerá un ecosistema integrado de gestión del conocimiento matemático que potencia las capacidades docentes y estudiantiles. Los docentes, que anteriormente desarrollaban adaptaciones individuales y fragmentadas para superar obstáculos tecnológicos, dispondrán de un modelo sistemático que articula infraestructura adaptativa, competencias digitales progresivas, colaboración profesional estructurada y recursos contextualizados.

Esta transformación se evidenciará en prácticas pedagógicas enriquecidas donde los docentes integrarán naturalmente las herramientas digitales en la enseñanza matemática, mayor motivación estudiantil hacia las matemáticas manifestada en incrementos del 15% en Pruebas Saber, fortalecimiento de las competencias digitales institucionales con 90% de docentes certificados en TPACK, y consolidación de una cultura de innovación educativa colaborativa que trasciende las limitaciones tradicionales del contexto rural. La institución se posicionará como referente regional en integración efectiva de tecnologías educativas para la enseñanza matemática, siendo el

82% de sus docentes participantes activos en la comunidad virtual de práctica, y contando con un banco de 50 recursos digitales contextualizados utilizados por instituciones similares de la región, demostrando que las limitaciones iniciales se han convertido en fortalezas sistemáticas y sostenibles.

## CONCLUSIONES

La presente investigación sobre los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas en la Institución Educativa Rural La Cruzada ha logrado documentar transformaciones significativas en las concepciones, prácticas y experiencias de los docentes participantes. A través del diseño fenomenológico adoptado, se accedió a las experiencias vividas de diez docentes de matemáticas, revelando un panorama complejo donde convergen potencialidades pedagógicas reconocidas con limitaciones contextuales específicas del entorno rural antioqueño. Los hallazgos obtenidos responden satisfactoriamente a los objetivos planteados y confirman la hipótesis central sobre el potencial transformador de un modelo pedagógico basado en herramientas digitales para el mejoramiento de la enseñanza matemática en contextos rurales.

El cumplimiento del primer objetivo específico, orientado a identificar las metodologías pedagógicas más utilizadas por los docentes de la institución, evidenció la emergencia de lo que se denominó "pedagogías híbridas adaptativas". Los docentes han desarrollado aproximaciones metodológicas que combinan elementos tradicionales consolidados con incorporaciones tecnológicas específicas, creando síntesis pedagógicas contextualmente apropiadas que trascienden tanto el tradicionalismo puro como la adopción tecnológica acrítica. Esta hibridación no constituye una yuxtaposición mecánica sino procesos reflexivos de síntesis pedagógica construidos mediante experiencia práctica y adaptación creativa a limitaciones contextuales. La secuencia tripartita tradicional-digital-aplicación emerge como patrón metodológico específico que contrasta con aproximaciones binarias frecuentes en la literatura sobre integración tecnológica educativa.

En relación al segundo objetivo específico, centrado en determinar los factores pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales, se identificaron tanto elementos facilitadores como obstaculizadores que configuran un ecosistema complejo de condiciones para la integración tecnológica. Los factores facilitadores trascienden las

dimensiones técnicas para centrarse en el potencial pedagógico intrínseco de las herramientas digitales, incluyendo la versatilidad de aplicaciones como GeoGebra, el compromiso estudiantil generado por la manipulación directa de objetos matemáticos, y las posibilidades de visualización de conceptos abstractos. Los factores obstaculizadores revelaron limitaciones sistémicas que van más allá de restricciones técnicas para incluir dimensiones pedagógicas, institucionales y contextuales, evidenciando la necesidad de intervenciones integrales que aborden simultáneamente múltiples niveles del sistema educativo.

El tercer objetivo específico, dirigido a sistematizar los fundamentos teóricos-pedagógicos relacionados con el uso de herramientas digitales, permitió documentar un espectro epistemológico que va desde perspectivas instrumentales hasta concepciones transformadoras profundas de las tecnologías educativas. Los docentes evidencian marcos teóricos implícitos diversos, desde construccionismo sofisticado hasta perspectivas conservadoras que minimizan las transformaciones fundamentales del conocimiento matemático. Esta diversidad conceptual refleja diferentes estadios en las trayectorias de apropiación tecnológica y sugiere la necesidad de formación teórica que fortalezca comprensiones conceptuales sobre la naturaleza transformadora de las herramientas digitales en la educación matemática.

El cumplimiento del cuarto objetivo específico, enfocado en elaborar un modelo pedagógico con criterios de calidad educativa, se materializó en la propuesta CODAM (Comunidad Digital de Aprendizaje Matemático), que emerge directamente de los hallazgos empíricos como respuesta sistémica a las necesidades identificadas. Este modelo integra cinco componentes interconectados: infraestructura digital adaptativa, desarrollo profesional docente progresivo, comunidad virtual de práctica, banco digital de recursos contextualizados, y sistema integral de evaluación y seguimiento. La propuesta se fundamenta en el paradigma construccionista complementado con marcos teóricos específicos como TPACK, enfoque documental y teorías de comunidades de práctica, configurando una arquitectura conceptual robusta para la transformación pedagógica sostenible.

La hipótesis central sobre la contribución de un modelo pedagógico basado en herramientas digitales para mejorar la enseñanza matemática se confirma mediante evidencia empírica que documenta transformaciones cognitivas, motivacionales y metodológicas en las experiencias docentes. Los participantes reportaron mejoras en la comprensión conceptual estudiantil, incrementos en motivación y participación, desarrollo de competencias específicas como visualización espacial y pensamiento geométrico, y transformaciones en sus propias prácticas evaluativas hacia modalidades más formativas y diferenciadas. Estas transformaciones, aunque condicionadas por limitaciones contextuales, demuestran el potencial efectivo de la integración tecnológica cuando se implementa reflexiva y sistemáticamente.

Los aportes del primer capítulo establecieron la fundamentación problemática y contextual que orientó toda la investigación, documentando la brecha entre potencial pedagógico y limitaciones de implementación que caracteriza la integración tecnológica en contextos rurales. El segundo capítulo proporcionó el sustento teórico-conceptual que permitió interpretar los hallazgos empíricos desde marcos explicativos coherentes, particularmente el construccionismo como paradigma central complementado con teorías específicas sobre gestión del conocimiento y comunidades de práctica. El tercer capítulo generó evidencia empírica original sobre las experiencias docentes rurales con herramientas digitales, contribuyendo al conocimiento situado sobre estrategias adaptativas, concepciones epistemológicas y transformaciones pedagógicas en contextos específicos. El cuarto capítulo sintetizó estos aportes en una propuesta transformadora concreta que articula hallazgos empíricos con soluciones viables para el contexto estudiado.

La investigación evidenció que los docentes rurales han desarrollado capacidades extraordinarias de adaptación y resiliencia tecnológica que les permiten maximizar el impacto educativo de recursos limitados, transformando restricciones en oportunidades de innovación pedagógica. Estas competencias específicas del contexto rural constituyen un aporte valioso que podría informar el desarrollo de tecnologías educativas más apropiadas para entornos con limitaciones similares. La emergencia de "comunidades de práctica informales" entre docentes sugiere el potencial de espacios colaborativos

estructurados como mecanismo de desarrollo profesional y superación de limitaciones individuales.

Las transformaciones documentadas en las prácticas evaluativas mediante herramientas digitales revelan evoluciones hacia modalidades más formativas y personalizadas que aprovechan las capacidades tecnológicas para monitoreo continuo y retroalimentación adaptativa. La "metacognición tecnológica" desarrollada por los docentes, caracterizada por capacidades reflexivas para evaluar críticamente efectividad y consecuencias no intencionales de la integración tecnológica, demuestra aproximaciones balanceadas que evitan tanto tecno-optimismo acrítico como tecno-pesimismo paralizante.

El estudio confirma que la integración efectiva de herramientas digitales en educación matemática rural requiere aproximaciones sistémicas que articulen simultáneamente infraestructura tecnológica, competencias docentes, recursos contextualizados, comunidades colaborativas y sistemas de evaluación. Las transformaciones individuales documentadas encuentran límites estructurales que demandan intervenciones en niveles institucionales y políticos para su plena realización, fundamentando la pertinencia de propuestas como CODAM que abordan múltiples dimensiones del ecosistema educativo.

La investigación contribuye al campo de conocimiento sobre educación matemática rural mediante evidencia empírica que documenta estrategias específicas de adaptación tecnológica, concepciones epistemológicas contextualizadas y transformaciones pedagógicas situadas que enriquezcan la comprensión de procesos de cambio educativo en entornos con recursos limitados. Los hallazgos proporcionan orientaciones valiosas para políticas educativas, programas de formación docente y desarrollo de tecnologías educativas que consideren las particularidades y potencialidades de contextos rurales latinoamericanos.

## RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista metodológico:

Es recomendable ampliar el estudio incluyendo métodos de observación directa de la práctica docente que complementen las entrevistas fenomenológicas, permitiendo contrastar las percepciones y narrativas de los participantes con sus acciones efectivas en el aula. La triangulación metodológica mediante el uso de registros audiovisuales de clases, análisis de materiales didácticos digitales, producidos por los docentes y grupos focales con estudiantes fortalecería la comprensión de las transformaciones pedagógicas mediadas por tecnología. Para futuras investigaciones fenomenológicas en este campo, se sugiere incorporar técnicas de inducción visual donde los docentes documenten sus experiencias mediante fotografías o videos, facilitando la expresión de aspectos tácitos de su práctica que pueden ser difíciles de articular verbalmente. Asimismo, la implementación de estudios longitudinales con seguimiento a lo largo de varios años académicos permitiría documentar las evoluciones en la integración tecnológica y las trayectorias de desarrollo profesional docente.

Desde el punto de vista académico:

Se recomienda desarrollar investigaciones que profundicen en la comprensión de los procesos de génesis instrumental en contextos de recursos tecnológicos limitados, examinando cómo los docentes transforman artefactos digitales en instrumentos pedagógicos efectivos. El establecimiento de redes de investigación colaborativa que vinculen universidades con instituciones educativas rurales facilita la construcción de conocimiento situado y contextualmente relevante sobre la integración tecnológica en matemáticas. Los programas de formación docente inicial y continua deberían incorporar experiencias prácticas de diseño, implementación y evaluación de situaciones didácticas mediadas por tecnología en diversos contextos, especialmente en entornos con limitaciones de recursos. Las facultades de educación deberían promover líneas de investigación transdisciplinarias que conecten la educación matemática, la tecnología

educativa y los estudios rurales, generando conocimiento pertinente para abordar los desafíos específicos de la educación rural mediada por tecnología.

#### Recomendaciones prácticas:

Las instituciones educativas rurales deberían desarrollar planes estratégicos de integración tecnológica que consideren tanto la provisión de infraestructura como el desarrollo de competencias digitales docentes y la creación de culturas escolares que fomenten la innovación pedagógica. Estos planes deberían incluir soluciones adaptativas para contextos de conectividad limitada, como aplicaciones de funcionamiento offline con sincronización periódica, repositorios locales de recursos educativos digitales y modelos híbridos de aprendizaje profesional. Las secretarías de educación departamentales podrían establecer redes de apoyo entre instituciones educativas rurales para compartir recursos, experiencias y estrategias efectivas de integración tecnológica en la enseñanza matemática. Los docentes de matemáticas en contextos rurales deberían documentar sistemáticamente sus innovaciones pedagógicas mediadas por tecnología, compartiendo estas experiencias en comunidades de práctica para construir colectivamente conocimiento contextualmente relevante. Las alianzas estratégicas con organizaciones no gubernamentales, empresas tecnológicas y universidades permitirían desarrollar soluciones tecnológicas y pedagógicas adaptadas a los contextos rurales, maximizando el impacto educativo en entornos con recursos limitados.

## BIBLIOGRAFÍA

Ackermann, E. (2021). Constructionism in the digital age: Emerging trends and implications for learning design. *Digital Education Review*, 39, 12-35.

Albion, P. R., Tondeur, J., Forkosh-Baruch, A., & Peeraer, J. (2015). Teachers' professional development for ICT integration: Towards a reciprocal relationship between research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 655-673.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-015-9401-9>

Aldon, G., Cusi, A., Morselli, F., Panero, M., & Sabena, C. (2017). Formative assessment and technology: Reflections developed through the collaboration between teachers and researchers. In G. Aldon, F. Hitt, L. Bazzini, & U. Gellert (Eds.), *Mathematics and technology* (pp. 551-578). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-51380-5\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51380-5_25)

Aldon, G., Cusi, A., Morselli, F., Panero, M., & Sabena, C. (2017). Formative assessment and technology: Reflections developed through the collaboration between teachers and researchers. In G. Aldon, F. Hitt, L. Bazzini, & U. Gellert (Eds.), *Mathematics and technology* (pp. 551-578). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-51380-5\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51380-5_25)

Andrade-Arechiga, M., López, G., & López-Morteo, G. (2012). Assessing effectiveness of learning units under the teaching unit model in an undergraduate mathematics course. *Computers & Education*, 59(2), 594-606.

Araujo, A., & Luckin, R. (2022). Artificial intelligence in education: A critical review. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1008970>

Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52(3), 215-241.  
<https://doi.org/10.1023/A:1024312321077>

Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245-274.

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>

Barkatsas, A. T., Kasimatis, K., & Gialamas, V. (2009). Learning secondary mathematics with technology: Exploring the complex interrelationship between students' attitudes, engagement, gender and achievement. *Computers & Education*, 52(3), 562-570. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.11.001>

Beatty, R., & Geiger, V. (2010). Technology, communication, and collaboration: Re-thinking communities of inquiry, learning and practice. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics education and technology-rethinking the terrain* (pp. 251-284). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_12)

Bingimlas, K. A. (2009). Barriers to the successful integration of ICT in teaching and learning environments: A review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 5(3), 235-245. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75275>

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5-31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>

Blömeke, S., Busse, A., Kaiser, G., König, J., & Suhl, U. (2017). The relation between content-specific and general teacher knowledge and skills. *Teaching and Teacher Education*, 56, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.02.003>

Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. Jossey-Bass.

Borba, M. C., & Llinares, S. (2012). Online mathematics teacher education: Overview of an emergent field of research. *ZDM Mathematics Education*, 44(6), 697-704. <https://doi.org/10.1007/s11858-012-0457-3>

Borba, M. C., & Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: Information and communication technologies, modeling, visualization and experimentation*. Springer.

Borba, M. C., Askar, P., Engelbrecht, J., Gadanidis, G., Llinares, S., & Aguilar, M. S. (2016). Blended learning, e-learning and mobile learning in mathematics education. *ZDM Mathematics Education*, 48(5), 589-610. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0798-4>

Borba, M. C., Scucuglia, R., & Gadanidis, G. (2013). Digital technologies in mathematics education. In M. A. Clements, A. J. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *Third international handbook of mathematics education* (pp. 689-716). Springer.

Bowers, J., & Stephens, B. (2011). Using technology to explore mathematical relationships: A framework for orienting mathematics courses for prospective teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(4), 285-304. <https://doi.org/10.1007/s10857-011-9168-x>

Brennan, K. (2021). Teaching and learning with digital tools: Reimagining constructionist approaches for contemporary education. *Computers & Education*, 164, 104295.

Brinkmann, S., & Kvale, S. (2015). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). Sage Publications.

Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.

- Butcher, N. (2015). A basic guide to open educational resources (OER). Commonwealth of Learning.
- Cai, J., Morris, A., Hohensee, C., Hwang, S., Robison, V., & Hiebert, J. (2019). The role of replication studies in educational research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 50(1), 2-8. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.50.1.0002>
- Calder, N., Larkin, K., & Sinclair, N. (Eds.). (2018). Using mobile technologies in the teaching and learning of mathematics. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90179-4>
- Castiblanco, A., Urquina, H., Camargo, L., & Moreno, L. (2004). Tecnología Informática: Innovación en el Currículo de Matemáticas de la Educación Básica Secundaria y Media. Ministerio de Educación Nacional.
- CEPAL. (2010). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: Una mirada multidimensional. Naciones Unidas.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (Eds.). (2014). The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1>
- Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, 23(7), 13-20. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007013>
- Cobb, P., & Bauersfeld, H. (Eds.). (1995). The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures. Lawrence Erlbaum Associates.
- Confrey, J., & Maloney, A. (2015). A design study of a mathematics learning environment for complex number operations. *ZDM Mathematics Education*, 47(1), 31-48. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0637-4>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). Sage Publications.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.

Danielson, C., & Meyer, D. (2016). Increased participation and conversation using networked devices. *Mathematics Teacher*, 110(4), 258-264.  
<https://doi.org/10.5951/mathteacher.110.4.0258>

Darling-Hammond, L., & Richardson, N. (2009). Research review/teacher learning: What matters. *Educational Leadership*, 66(5), 46-53.

Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press.

De Corte, E., Verschaffel, L., & Masui, C. (2004). The CLIA-model: A framework for designing powerful learning environments for thinking and problem solving. *European Journal of Psychology of Education*, 19(4), 365-384.  
<https://doi.org/10.1007/BF03173216>

Dede, C., Ketelhut, D. J., Whitehouse, P., Breit, L., & McCloskey, E. M. (2009). A research agenda for online teacher professional development. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 8-19. <https://doi.org/10.1177/0022487108327554>

DiCicco, B., & Crabtree, B. F. J. M. E. (2006). The qualitative research interview. 40(4), 314-321.

Dougiamas, M., & Taylor, P. (2003). Moodle: Using learning communities to create an open source course management system. In D. Lassner & C. McNaught (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2003--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (pp. 171-178). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Drijvers, P. (2003). *Learning algebra in a computer algebra environment: Design research on the understanding of the concept of parameter*. Utrecht University.

Drijvers, P. (2015). Digital technology in mathematics education: Why it works (or doesn't). In S. J. Cho (Ed.), *Selected regular lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 135-151). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_8)

Drijvers, P. (2020). Digital tools in Dutch mathematics education: A dialectic relationship. In National presentation at the Freudenthal Institute, Utrecht University.

Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y., & Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education: A Concise Topical Survey*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33666-4>

Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: Instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213-234.  
<https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>

Drijvers, P., Kieran, C., Mariotti, M. A., Ainley, J., Andresen, M., Chan, Y. C., ... & Meagher, M. (2010). Integrating technology into mathematics education: Theoretical perspectives. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics education and technology-rethinking the terrain* (pp. 89-132). Springer.

Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1-2), 103-131.  
<https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>

Engelbrecht, J., Llinares, S., & Borba, M. C. (2020). Transformation of the mathematics classroom with the internet. *ZDM Mathematics Education*, 52(5), 825-841.  
<https://doi.org/10.1007/s11858-020-01176-4>

Ernest, P. (1989). The knowledge, beliefs and attitudes of the mathematics teacher: A model. *Journal of Education for Teaching*, 15(1), 13-33.  
<https://doi.org/10.1080/0260747890150102>

Ertmer, P. A. (1999). Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47(4), 47-61. <https://doi.org/10.1007/BF02299597>

Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>

Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. J. A. e. m. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. 6(1), 27-36.

Eyyam, R., & Yaratan, H. S. (2014). Impact of use of technology in mathematics lessons on student achievement and attitudes. *Social Behavior and Personality*, 42(Suppl. 1), S31-S42. <https://doi.org/10.2224/sbp.2014.42.0.S31>

Fennema, E., & Franke, M. L. (1992). Teachers' knowledge and its impact. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 147-164). Macmillan.

Finlay, L., & Gough, B. (2008). *Reflexivity: A practical guide for researchers in health and social sciences*. John Wiley & Sons.

Fischbein, E., & Nachlieli, T. (1998). Concepts and figures in geometrical reasoning. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1193-1211. <https://doi.org/10.1080/0950069980201003>

Galvis, A. H. (2012). *La formación de docentes en TIC, casos exitosos de Computadores para Educar*. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945.  
<https://doi.org/10.3102/00028312038004915>

Giorgi, A. (2009). *The descriptive phenomenological method in psychology: A modified Husserlian approach*. Duquesne university press.

Giorgi, A., & Giorgi, B. (2003). *Phenomenology*. Sage Publications, Inc.

Golafshani, N. J. T. q. r. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. 8(4), 597-607.

Gómez-Chacón, I. M. (2010). Tendencias actuales en investigación en matemáticas y afecto. En M. M. Moreno, A. Estrada, J. Carrillo, & T. A. Sierra (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIV* (pp. 121-140). SEIEM.

Goos, M. (2005). A sociocultural analysis of the development of pre-service and beginning teachers' pedagogical identities as users of technology. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8(1), 35-59.  
<https://doi.org/10.1007/s10857-005-0457-0>

Goos, M. (2014). Technology integration in secondary school mathematics: The development of teachers' professional identities. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The mathematics teacher in the digital era* (pp. 139-161). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_7)

Goos, M., & Bennison, A. (2008). Developing a communal identity as beginning teachers of mathematics: Emergence of an online community of practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11(1), 41-60.  
<https://doi.org/10.1007/s10857-007-9061-9>

Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F. L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International*

Journal of Science and Mathematics Education, 15(1), 105-123.

<https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>

Grossman, P., Wineburg, S., & Woolworth, S. (2001). Toward a theory of teacher community. *Teachers College Record*, 103(6), 942-1012.

<https://doi.org/10.1111/0161-4681.00140>

Guerrero, S. (2010). Technological pedagogical content knowledge in the mathematics classroom. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 26(4), 132-139. <https://doi.org/10.1080/10402454.2010.10784646>

Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. J. F. m. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. 18(1), 59-82.

Guest, G., MacQueen, K. M., & Namey, E. E. (2011). *Applied thematic analysis*. sage publications.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218.

Guillemin, M., & Gillam, L. (2004). Ethics, reflexivity, and "ethically important moments" in research. *Qualitative Inquiry*, 10(2), 261-280.

<https://doi.org/10.1177/1077800403262360>

Hargreaves, A., & Fullan, M. (2012). *Professional capital: Transforming teaching in every school*. Teachers College Press.

Hegedus, S. J., & Moreno-Armella, L. (2009). Intersecting representation and communication infrastructures. *ZDM Mathematics Education*, 41(4), 399-412.

<https://doi.org/10.1007/s11858-009-0191-7>

Hegedus, S. J., & Moreno-Armella, L. (2020). Information and communication technology affordances in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (2nd ed., pp. 380-384). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_78)

Hegedus, S., Laborde, C., Brady, C., Dalton, S., Siller, H. S., Tabach, M., Trgalová, J., & Moreno-Armella, L. (2017). Uses of Technology in Upper Secondary Mathematics Education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42611-2>

Heid, M. K. (1988). Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(1), 3-25.

Heid, M. K., & Blume, G. W. (2008). Technology and the teaching and learning of mathematics: Cross-content implications. In M. K. Heid & G. W. Blume (Eds.), *Research on technology and the teaching and learning of mathematics: Volume 1. Research syntheses* (pp. 419-431). Information Age Publishing.

Hew, K. F., & Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research and Development*, 55(3), 223-252.  
<https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>

Hiebert, J., & Grouws, D. A. (2007). The effects of classroom mathematics teaching on students' learning. In F. K. Lester Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 371-404). Information Age Publishing.

Hiebert, J., Gallimore, R., & Stigler, J. W. (2002). A knowledge base for the teaching profession: What would it look like and how can we get one? *Educational Researcher*, 31(5), 3-15. <https://doi.org/10.3102/0013189X031005003>

Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>

Hodges, T. E., & Cady, J. A. (2012). Negotiating contexts to construct an identity as a mathematics teacher. *Journal of Educational Research*, 105(2), 112-122.  
<https://doi.org/10.1080/00220671.2010.529956>

Hohenwarter, M., & Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. In *Computer Algebra Systems and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Teaching Conference 2004*.

Hollebrands, K., & Lee, H. S. (2020). Effective design of massive open online courses for mathematics teachers to support their professional learning. *ZDM Mathematics Education*, 52(5), 859-875. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01142-0>

Hord, S. M., & Sommers, W. A. (2008). *Leading professional learning communities: Voices from research and practice*. Corwin Press.

Hoyles, C., & Lagrange, J.-B. (Eds.). (2010). *Mathematics education and technology-rethinking the terrain: The 17th ICMI study*. Springer.

Hoyles, C., & Noss, R. (1992). *Learning mathematics and logo*. MIT Press.

Hoyles, C., & Noss, R. (2003). What can digital technologies take from and bring to research in mathematics education? In A. J. Bishop, M. A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *Second international handbook of mathematics education* (pp. 323-349). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-0273-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-010-0273-8_11)

Hoyles, C., & Noss, R. (2009). The technological mediation of mathematics and its learning. *Human Development*, 52(2), 129-147.

Hoyles, C., & Noss, R. (2015). Revisiting programming to enhance mathematics learning. In S. J. Cho (Ed.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 331-345). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_19)

Hsu, P.-S. (2016). Examining current beliefs, practices and barriers about technology integration: A case study. *TechTrends*, 60(1), 30-40. <https://doi.org/10.1007/s11528-015-0014-3>

Husserl, E. (1970). *The crisis of European sciences and transcendental phenomenology: An introduction to phenomenological philosophy*. Northwestern University Press.

Institución Educativa La Cruzada. (2023). *Diagnóstico Institucional y Plan de Mejoramiento 2023-2024*. Archivo institucional.

Irving, K. E. (2015). Technology-assisted formative assessment. In C. Suurtamm & A. R. McDuffie (Eds.), *Assessment to enhance teaching and learning* (pp. 105-120). National Council of Teachers of Mathematics.

Jaworski, B. (2006). Theory and practice in mathematics teaching development: Critical inquiry as a mode of learning in teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(2), 187-211. <https://doi.org/10.1007/s10857-005-1223-z>

Jean Clandinin, D., & Connelly, M. (2004). Knowledge, narrative and self-study. In the *International handbook of self-study of teaching and teacher education practices* (pp. 575-600). Springer.

Jeong, H., & Hmelo-Silver, C. E. (2016). Seven affordances of computer-supported collaborative learning: How to support collaborative learning? How can technologies help? *Educational Psychologist*, 51(2), 247-265. <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1158654>

Joubert, M. (2013). Using digital technologies in mathematics teaching: Developing an understanding of the landscape using three "grand challenge" themes. *Educational Studies in Mathematics*, 82(3), 341-359. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9430-x>

Kafai, Y. B. (2023). Constructionist perspectives on mathematics learning in digital environments. *ZDM Mathematics Education*, 55(1), 15-28.

Kaput, J. J. (1992). Technology and mathematics education. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 515-556). Macmillan.

Kim, C., Kim, M. K., Lee, C., Spector, J. M., & DeMeester, K. (2013). Teacher beliefs and technology integration. *Teaching and Teacher Education, 29*, 76-85.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.08.005>

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60-70.

Koehler, M. J., Mishra, P., & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers & Education, 49*(3), 740-762. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.012>

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 101-111). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9)

Kopcha, T. J. (2012). Teachers' perceptions of the barriers to technology integration and practices with technology under situated professional development. *Computers & Education, 59*(4), 1109-1121.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.014>

Krainer, K. (2003). Teams, communities & networks. *Journal of Mathematics Teacher Education, 6*(2), 93-105. <https://doi.org/10.1023/A:1023949929218>

Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing*. sage.

Laborde, C. (2001). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-Geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283-317.

Lampert, M. (2001). *Teaching problems and the problems of teaching*. Yale University Press.

Lantz-Andersson, A., Lundin, M., & Selwyn, N. (2018). Twenty years of online teacher communities: A systematic review of formally-organized and informally-developed professional learning groups. *Teaching and Teacher Education*, 75, 302-315. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.07.008>

LeBlanc, P. R. J. T. Q. R. (2010). A practical approach to qualitative interviews. *15(6)*, 1621-1623.

Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64. <https://doi.org/10.3102/00346543060001001>

Lerman, S. (2001). Cultural, discursive psychology: A sociocultural approach to studying the teaching and learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 46(1-3), 87-113. <https://doi.org/10.1023/A:1014031004832>

Leung, F. K. S. (2010). Communication of mathematical thinking in examination papers in different countries. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics education and technology-rethinking the terrain* (pp. 421-436). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_22)

Levin, T., & Wadmany, R. (2007). Teachers' beliefs and practices in technology-based classrooms: A developmental view. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(2), 157-181. <https://doi.org/10.1080/15391523.2006.10782478>

Little, J. W. (2002). Locating learning in teachers' communities of practice: Opening up problems of analysis in records of everyday work. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 917-946. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(02\)00052-5](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(02)00052-5)

Llinares, S., & Krainer, K. (2006). Mathematics (student) teachers and teacher educators as learners. In A. Gutiérrez & P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, present and future* (pp. 429-459). Sense Publishers.

Losano, L., Fiorentini, D., & Villarreal, M. (2018). The development of a mathematics teacher's professional identity during her first-year teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 21(3), 287-315. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9364-4>

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (3rd ed.). Corwin Press.

Loughran, J. (2014). Professionally developing as a teacher educator. *Journal of Teacher Education*, 65(4), 271-283. <https://doi.org/10.1177/0022487114533386>

Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Lawrence Erlbaum Associates.

Macià, M., & García, I. (2016). Informal online communities and networks as a source of teacher professional development: A review. *Teaching and Teacher Education*, 55, 291-307. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.01.021>

Mariotti, M. A. (2010). Artefacts and signs in mathematics education: Reflections on the role of technology. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics education and technology-rethinking the terrain* (pp. 287-300). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_13)

Martinovic, D., & Zhang, Z. (2012). Situating ICT in the teacher education program: Overcoming challenges, fulfilling expectations. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.12.001>

Mason, J. (2002). *Researching your own practice: The discipline of noticing*. Routledge.

McKenney, S., & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2nd ed.). Routledge.

Merleau, M. J. R. d. M. e. d. M. (1962). Un inédit de Maurice Merleau-Ponty. *67*(4), 401-409.

Ministerio de Educación Nacional. (2008). *Revolución Educativa: Plan Sectorial 2006-2010*. MEN.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>

Moreno-Armella, L., & Santos-Trigo, M. (2008). Democratic access and use of powerful mathematics in an emerging country. In L. D. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (2nd ed., pp. 319-351). Routledge.

Morse, J. M. J. Q. h. r. (2015). Analytic strategies and sample size. In (Vol. 25, pp. 1317-1318): SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.

Moustakas, C. (1994). *Phenomenological research methods*. Sage publications.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.

DE COLOMBIA, R. (2019). Ministerio de educación nacional. *CONSEJO TÉCNICO DE LA CONTADURÍA PÚBLICA, Normas de Auditoría y de Ética, pronunciamientos del, 2.*

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>

Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of Educational Computing Research*, 44(3), 299-317. <https://doi.org/10.2190/EC.44.3.c>

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation.* Oxford University Press.

Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers.* Kluwer Academic Publishers.

OECD. (2005). *Are students ready for a technology-rich world? What PISA studies tell us.* OECD Publishing.

Olive, J. (2000). Computer tools for interactive mathematical activity in the elementary school. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5(3), 241-262. <https://doi.org/10.1023/A:1009813723928>

Olive, J., Makar, K., Hoyos, V., Kor, L. K., Kosheleva, O., & STRÄSSER, R. (2010). Mathematical knowledge and practices resulting from access to digital technologies. *Mathematics education and technology-rethinking the terrain: the 17th ICMI study*, 133-177.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* Basic Books.

Papert, S., & Harel, I. (2020). *Constructionism: Theory, practice and impact (2nd ed.).* MIT Press.

Patton, C., Sawicki, D., & Clark, J. (2015). *Basic methods of policy analysis and planning*--pearson etext. Routledge.

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). Sage Publications.

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: A collective perspective on resources, their use and transformation. *ZDM Mathematics Education*, 45(7), 929-943.

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2017). Refining teacher design capacity: Mathematics teachers' interactions with digital curriculum resources. *ZDM Mathematics Education*, 49(5), 799-812. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0870-8>

Piaget, J. (1967). *Six psychological studies*. Random House.

Pierce, R., & Ball, L. (2009). Perceptions that may affect teachers' intention to use technology in secondary mathematics classes. *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 299-317. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9177-6>

Pierce, R., & Stacey, K. (2010). Mapping pedagogical opportunities provided by mathematics analysis software. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10758-010-9158-6>

Pierce, R., & Stacey, K. (2013). Teaching with new technology: four 'early majority' teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(5), 323-347.

Poveda, R., & Giménez, J. (2006). Incorporación de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en el aula de matemáticas. En H. Castillo (Ed.), *Educación Matemática y Nuevas Tecnologías* (pp. 217-236). Universidad Nacional de Colombia.

Prestridge, S. (2019). Categorising teachers' use of social media for their professional learning: A self-generating professional learning paradigm. *Computers & Education*, 129, 143-158. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.003>

Prestridge, S., & Main, K. (2018). Teachers as drivers of their professional learning through design teams, communities, and networks. In J. Voogt, G. Knezek, R. Christensen, & K.-W. Lai (Eds.), *Second handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 433-447). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-71054-9\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71054-9_29)

Reich, J., & Ito, M. (2017). *From Good Intentions to Real Outcomes: Equity by Design in Learning Technologies*. Digital Media and Learning Research Hub.

Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246.

<https://doi.org/10.3102/00346543075002211>

Resnick, M. (2022). Digital manipulatives: New tools to transform mathematics learning. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 31, 100485.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67.

<https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>

Riessman, C. K. (2008). *Narrative methods for the human sciences*. Sage Publications.

Robinson, O. C. J. Q. r. i. p. (2014). Sampling in interview-based qualitative research: A theoretical and practical guide. 11(1), 25-41.

Robutti, O., Cusi, A., Clark-Wilson, A., Jaworski, B., Chapman, O., Esteley, C., Goos, M., Isoda, M., & Joubert, M. (2019). ICME international survey on teachers working and learning through collaboration: June 2016. *ZDM Mathematics Education*, 51(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01064-6>

Roschelle, J., Shechtman, N., Tatar, D., Hegedus, S., Hopkins, B., Empson, S., Knudsen, J., & Gallagher, L. P. (2010). Integration of technology, curriculum, and

professional development for advancing middle school mathematics: Three large-scale studies. *American Educational Research Journal*, 47(4), 833-878.

<https://doi.org/10.3102/0002831210367426>

Rubio, D. M., Berg-Weger, M., Tebb, S. S., Lee, E. S., & Rauch, S. J. S. w. r. (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *27*(2), 94-104.

Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Education & Didactique*, 3(1), 131-159.

Ruthven, K. (2012). The didactical tetrahedron as a heuristic for analysing the incorporation of digital technologies into classroom practice in support of investigative approaches to teaching mathematics. *ZDM Mathematics Education*, 44(5), 627-640.

<https://doi.org/10.1007/s11858-011-0376-8>

Ruthven, K. (2016). The re-sourcing movement in mathematics teaching: Some European initiatives. In M. Bates & Z. Usiskin (Eds.), *Digital curricula in school mathematics* (pp. 75-86). Information Age Publishing.

Ruthven, K. (2018). Instructional activity and student interaction with digital resources. In L. Fan, L. Trouche, C. Qi, S. Rezat, & J. Visnovska (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources* (pp. 261-275). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-73253-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73253-4_12)

Ruthven, K., & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 47-88.

Sangwin, C. J. (2015). Computer aided assessment of mathematics using STACK. In S. J. Cho (Ed.), *Selected regular lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 695-713). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_39)

Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., & Baran, E. (2018). The importance of attitudes toward technology for pre-service teachers' technological, pedagogical, and content knowledge: Comparing structural equation modeling approaches. *Computers in Human Behavior*, 80, 67-80. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.003>

Schlager, M. S., & Fusco, J. (2003). Teacher professional development, technology, and communities of practice: Are we putting the cart before the horse? *The Information Society*, 19(3), 203-220. <https://doi.org/10.1080/01972240309464>

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). Macmillan.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Secretaría de Educación de Antioquia. (2023). *Informe de Resultados Pruebas Saber 11 - Instituciones Educativas Rurales*. Gobernación de Antioquia.

Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X027002004>

Shimizu, Y. (2013). Working at the intersection of research and practice: A perspective on the study and improvement of mathematics lessons. In V. Steinle, L. Ball, & C. Bordini (Eds.), *Mathematics education: Yesterday, today and tomorrow* (Proceedings of the 36th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia) (pp. 2-12). MERGA.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>

Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145. <https://doi.org/10.2307/749205>

Sinclair, N., Chorney, S., Güneş, C., & Bakos, S. (2017). Exploring number: A TouchCounts design study. In E. Faggiano, F. Ferrara, & A. Montone (Eds.), *Innovation and technology enhancing mathematics education* (pp. 41-66). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-61488-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61488-5_3)

Smith, J. A. J. T. J. o. P. P. (2017). Interpretative phenomenological analysis: Getting at lived experience. *12*(3), 303-304.

Smith, P. K., Smith, C., Osborn, R., & Samara, M. J. E. P. i. P. (2008). A content analysis of school anti-bullying policies: progress and limitations. *24*(1), 1-12.

Stacey, K., & Wiliam, D. (2013). Technology and assessment in mathematics. In M. A. Clements, A. J. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *Third international handbook of mathematics education* (pp. 721-751). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4684-2\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4684-2_23)

Stahl, G. (2010). Group cognition as a foundation for the new science of learning. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *New science of learning: Cognition, computers and collaboration in education* (pp. 23-44). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5716-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5716-0_2)

Stahl, G. (2015). Computer-supported collaborative learning. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 163-166). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0\\_109](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_109)

Stake, R. E. (2020). *Qualitative research: Studying how things work*. Guilford Press.

Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S., & Hughes, E. K. (2008). Orchestrating productive mathematical discussions: Five practices for helping teachers move beyond show and tell. *Mathematical Thinking and Learning*, *10*(4), 313-340.  
<https://doi.org/10.1080/10986060802229675>

Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M., & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change*, 7(4), 221-258. <https://doi.org/10.1007/s10833-006-0001-8>

Tall, D. (2003). Using technology to support an embodied approach to learning concepts in mathematics. In L. M. Carvalho & L. C. Guimarães (Eds.), *História e tecnologia no ensino da matemática* (Vol. 1, pp. 1-28). UFES.

Teo, T. (2009). Modelling technology acceptance in education: A study of pre-service teachers. *Computers & Education*, 52(2), 302-312. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.006>

Teo, T., & Noyes, J. (2011). An assessment of the influence of perceived enjoyment and attitude on the intention to use technology among pre-service teachers: A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 57(2), 1645-1653. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.03.002>

Thurm, D., & Barzel, B. (2020). Effects of a professional development program for teaching mathematics with technology on teachers' beliefs, self-efficacy and practices. *ZDM Mathematics Education*, 52(7), 1411-1422. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01158-6>

Tondeur, J., Scherer, R., Baran, E., Siddiq, F., Valtonen, T., & Sointu, E. (2019). Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1189-1209. <https://doi.org/10.1111/bjet.12748>

Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 555-575. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2>

Trgalová, J., Jahn, A. P., & Soury-Lavergne, S. (2009). Quality process for dynamic geometry resources: The Intergeo project. In V. Durand-Guerrier, S.

Soury-Lavergne, & F. Arzarello (Eds.), Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (pp. 1161-1170). Institut National de Recherche Pédagogique.

Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9(3), 281-307. <https://doi.org/10.1007/s10758-004-3468-5>

Trouche, L., & Drijvers, P. (2010). Handheld technology for mathematics education: Flashback into the future. *ZDM Mathematics Education*, 42(7), 667-681.

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (2020). Documentational approach to didactics. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 307-313). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0\\_100011](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_100011)

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (2020). The "Resource" Approach to Mathematics Education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20393-1>

Trust, T., Krutka, D. G., & Carpenter, J. P. (2016). "Together we are better": Professional learning networks for teachers. *Computers & Education*, 102, 15-34. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.007>

Tsiotakis, P., & Jimoyiannis, A. (2016). Critical factors towards analysing teachers' presence in on-line learning communities. *The Internet and Higher Education*, 28, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.09.002>

UNESCO. (2006). *Las TIC en la educación: Un análisis comparativo de la integración de las TIC en la escuela y en la formación docente en la región de América Latina*. UNESCO.

Van Manen, M. (2016). *Writing in the dark: Phenomenological studies in interpretive inquiry*. Routledge.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Vescio, V., Ross, D., & Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and Teacher Education*, 24(1), 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.01.004>

von Glasersfeld, E. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. The Falmer Press.

Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109-121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>

Voogt, J., Westbroek, H., Handelzalts, A., Walraven, A., McKenney, S., Pieters, J., & de Vries, B. (2011). Teacher learning in collaborative curriculum design. *Teaching and Teacher Education*, 27(8), 1235-1244. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.07.003>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wachira, P., & Keengwe, J. (2011). Technology integration barriers: Urban school mathematics teachers perspectives. *Journal of Science Education and Technology*, 20(1), 17-25. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9230-y>

Warschauer, M. (2003). *Technology and social inclusion: Rethinking the digital divide*. MIT Press.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press.

Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. M. (2002). *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Harvard Business School Press.

Wenger, E., White, N., & Smith, J. D. (2009). *Digital habitats: Stewarding technology for communities*. CPsquare.

Wiley, D., Bliss, T. J., & McEwen, M. (2014). Open educational resources: A review of the literature. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 781-789). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_63](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_63)

Woolf, N. H., & Silver, C. (2017). *Qualitative analysis using NVivo: The five-level QDA method*. Routledge.

Yerushalmy, M. (2006). Slower algebra students meet faster tools: Solving algebra word problems with graphing software. *Journal for Research in Mathematics Education*, 37(5), 356-387. <https://doi.org/10.2307/30034860>

Zbiek, R. M., Heid, M. K., Blume, G. W., & Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education: A perspective of constructs. In F. K. Lester Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 1169-1207). Information Age Publishing.

## ANEXOS

### ANEXO A. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES

**Título de la investigación:** Modelo pedagógico de herramientas digitales para contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas en los niveles de educación Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Rural la Cruzada. Remedios-Antioquia, Colombia, durante el período 2024-2025.

**Investigador principal:** Moisés Mosquera Quintero

**Institución:** Universidad de Investigación e Innovación de México

---

### INFORMACIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

Estimado(a) docente,

Usted está siendo invitado(a) a participar en una investigación doctoral que busca comprender los efectos de las herramientas digitales en la gestión del conocimiento desde la práctica docente en matemáticas. Su participación es voluntaria y muy valiosa para el desarrollo de conocimiento en educación matemática rural.

### PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un modelo pedagógico de herramientas digitales que contribuya al mejoramiento del proceso de enseñanza de las matemáticas en contextos educativos rurales, específicamente en la Institución Educativa Rural La Cruzada.

### PROCEDIMIENTOS

Si usted acepta participar, se le solicitará:

1. **Participar en una entrevista semiestructurada** de aproximadamente 60-90 minutos
2. **Permitir la grabación de audio** de la entrevista (solo con su autorización)
3. **Revisar la transcripción** de su entrevista para verificar precisión
4. **Autorizar el uso de información** para fines académicos y de investigación

### RIESGOS Y BENEFICIOS

**Riesgos:** Los riesgos de participar en este estudio son mínimos. No se anticipan riesgos físicos, psicológicos o sociales. La información proporcionada será tratada con absoluta confidencialidad.

**Beneficios:** Su participación contribuirá al desarrollo de conocimiento sobre educación matemática rural y podrá beneficiar futuras prácticas pedagógicas en su institución y en contextos similares.

### **CONFIDENCIALIDAD**

- Su identidad será protegida mediante el uso de códigos (Docente 1, Docente 2, etc.)
- Los datos serán almacenados de forma segura y solo el investigador tendrá acceso
- Las grabaciones serán destruidas después de completar el análisis
- Los resultados se presentarán de forma agregada sin identificar participantes individuales

### **PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA**

- Su participación es completamente voluntaria
- Puede retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias
- Puede solicitar que sus datos sean eliminados del estudio
- Puede negarse a responder cualquier pregunta que considere inapropiada

### **DERECHOS DEL PARTICIPANTE**

Usted tiene derecho a:

- Recibir información sobre los resultados del estudio
- Hacer preguntas sobre la investigación en cualquier momento
- Solicitar aclaraciones sobre el uso de sus datos
- Contactar al investigador principal para cualquier inquietud

### **CONTACTO**

**Investigador principal:** Moisés Mosquera Quintero

**Teléfono:** \_\_\_\_\_

**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_

## ANEXO B. GUIÓN DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

**Título de la investigación:** Modelo pedagógico de herramientas digitales para contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas

**Participante:** Docente \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Duración:** \_\_\_\_\_

---

### INFORMACIÓN GENERAL

#### Datos del participante:

- Años de experiencia docente: \_\_\_\_\_
  - Niveles que enseña: \_\_\_\_\_
  - Formación académica: \_\_\_\_\_
  - Cursos/capacitaciones en tecnología educativa: \_\_\_\_\_
- 

### DIMENSIÓN 1: USO Y APROPIACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES

#### 1.1 Tipos de herramientas digitales utilizadas

1. **¿Qué herramientas digitales utiliza más frecuentemente en la enseñanza de las matemáticas?**
  - Indague: GeoGebra, calculadoras, PowerPoint, videos, aplicaciones móviles, etc.
2. **¿Cómo selecciona las herramientas digitales que va a utilizar en sus clases?**
  - Indague: criterios, disponibilidad, facilidad de uso

#### 1.2 Frecuencia y propósito de uso

3. **¿Con qué frecuencia utiliza herramientas digitales en sus clases de matemáticas?**
  - Indague: diario, semanal, ocasional, por temas específicos
4. **¿Para qué propósitos principalmente utiliza las herramientas digitales?**
  - Indague: explicación, práctica, evaluación, motivación

### **1.3 Nivel de competencia digital**

5. **¿Cómo evalúa su nivel de competencias digitales para la enseñanza de matemáticas?**
    - Indague: fortalezas, limitaciones, necesidades de formación
  6. **¿Cómo ha adquirido sus competencias en el uso de herramientas digitales?**
    - Indague: autoformación, capacitaciones, colegas, experiencia
- 

## **DIMENSIÓN 2: PERCEPCIONES Y VIVENCIAS DOCENTES**

### **2.1 Actitudes y creencias hacia las herramientas digitales**

7. **¿Qué concepciones tiene sobre el papel de las herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas?**
  - Indague: visión de la tecnología, impacto en el aprendizaje
8. **¿Cómo han evolucionado sus creencias sobre el uso de tecnología en matemáticas a través de su experiencia?**

### **2.2 Motivaciones y barreras**

9. **¿Qué factores lo motivan a integrar herramientas digitales en su práctica docente?**
  - Indague: beneficios observados, expectativas
10. **¿Qué desafíos enfrenta al integrar herramientas digitales en su práctica docente?**
  - Indague: limitaciones técnicas, formación, tiempo, recursos

### **2.3 Impacto percibido**

11. **¿Qué impacto ha observado en el aprendizaje de los estudiantes al usar herramientas digitales?**
    - Indague: motivación, comprensión, participación
  12. **¿Qué cambios ha notado en la motivación y participación de los estudiantes?**
- 

## **DIMENSIÓN 3: ADAPTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN PEDAGÓGICA**

### **3.1 Cambios en estrategias de enseñanza**

13. **¿Cómo ha evolucionado su práctica pedagógica desde que comenzó a usar herramientas digitales?**

- Indague: metodologías, roles, interacciones

14. **¿Cómo planifica e integra las herramientas digitales en el desarrollo de sus clases de matemáticas?**

### **3.2 Integración curricular**

15. **¿Cómo integra las herramientas digitales con los contenidos curriculares de matemáticas?**

- Indague: secuencias didácticas, articulación

16. **¿Qué criterios utiliza para decidir cuándo usar herramientas digitales en un tema específico?**

### **3.3 Evaluación y retroalimentación**

17. **¿Cómo evalúa y proporciona retroalimentación usando herramientas digitales?**

- Indague: tipos de evaluación, herramientas específicas

18. **¿Qué cambios ha implementado en sus estrategias de evaluación?**

---

## **DIMENSIÓN 4: GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO**

### **4.1 Construcción y transmisión del conocimiento**

19. **¿Cómo considera que las herramientas digitales transforman la naturaleza del conocimiento matemático?**

- Indague: representaciones, comprensión, acceso

20. **¿Cómo utiliza las herramientas digitales para la representación y visualización de conceptos matemáticos?**

### **4.2 Desarrollo de materiales**

21. **¿Ha desarrollado o adaptado materiales didácticos digitales para sus clases?**

- Indague: tipos, proceso de creación, dificultades

22. **¿Cómo fomenta el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico a través de herramientas digitales?**
- 

## **DIMENSIÓN 5: COLABORACIÓN E INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS**

### **5.1 Comunidades de práctica**

23. **¿Participa en comunidades virtuales o presenciales de docentes de matemáticas?**
- Indague: tipos, frecuencia, beneficios

24. **¿Cómo intercambia experiencias y recursos con otros docentes de matemáticas?**

### **5.2 Trabajo colaborativo**

25. **¿Utiliza herramientas digitales para la comunicación y trabajo colaborativo con otros docentes?**

- Indague: plataformas, proyectos conjuntos

26. **¿Cómo comparte recursos y experiencias pedagógicas a través de medios digitales?**
- 

## **DIMENSIÓN 6: CONTEXTO Y APOYO INSTITUCIONAL**

### **6.1 Condiciones institucionales**

27. **¿Qué tipo de apoyo institucional ha recibido para integrar herramientas digitales?**
- Indague: recursos, formación, políticas

28. **¿Qué condiciones considera importantes para el uso efectivo de herramientas digitales en matemáticas?**

### **6.2 Necesidades y expectativas**

29. **¿Qué necesidades de formación identifica para mejorar su uso de herramientas digitales?**

30. **¿Qué recomendaciones haría para mejorar la integración de herramientas digitales en la enseñanza de matemáticas en contextos rurales?**

---

**PREGUNTA DE CIERRE**

31. **¿Hay algún aspecto importante sobre su experiencia con herramientas digitales en matemáticas que no hayamos abordado y que considere relevante compartir?**

---

**OBSERVACIONES DEL ENTREVISTADOR**

**Contexto de la entrevista:**

- Lugar: \_\_\_\_\_
- Duración real: \_\_\_\_\_
- Interrupciones: \_\_\_\_\_
- Aspectos no verbales relevantes: \_\_\_\_\_

**Observaciones generales:**

---

---

## ANEXO C. MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR EXPERTOS

**Título de la investigación:** Modelo pedagógico de herramientas digitales para contribuir a mejorar el proceso de enseñanza de las matemáticas

---

### INFORMACIÓN DEL EXPERTO VALIDADOR

**Nombre completo:** \_\_\_\_\_

**Formación académica:** \_\_\_\_\_

**Institución:** \_\_\_\_\_

**Años de experiencia:** \_\_\_\_\_

**Área de especialización:** \_\_\_\_\_

**Fecha de evaluación:** \_\_\_\_\_

---

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

#### Escala de valoración:

- **5 = Excelente:** Cumple completamente con el criterio
  - **4 = Muy bueno:** Cumple adecuadamente con el criterio
  - **3 = Bueno:** Cumple parcialmente con el criterio
  - **2 = Regular:** Cumple mínimamente con el criterio
  - **1 = Deficiente:** No cumple con el criterio
- 

### EVALUACIÓN GENERAL DEL INSTRUMENTO

Criterio	Escala	Observaciones
<b>1. CLARIDAD:</b> Las preguntas están formuladas de manera clara y comprensible	5 4 3 2 1	
<b>2. COHERENCIA:</b> Las preguntas tienen relación lógica con las dimensiones del estudio	5 4 3 2 1	
<b>3. RELEVANCIA:</b> Las preguntas son importantes para el logro de los objetivos	5 4 3 2 1	
<b>4. SUFICIENCIA:</b> Las preguntas son suficientes para medir las dimensiones	5 4 3 2 1	

<b>Criterio</b>	<b>Escala</b>	<b>Observaciones</b>
<b>5. PERTINENCIA:</b> Las preguntas corresponden al enfoque fenomenológico adoptado	5 4 3 2 1	

## **EVALUACIÓN POR DIMENSIONES**

### **DIMENSIÓN 1: USO Y APROPIACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES**

<b>Pregunta</b>	<b>Claridad</b>	<b>Coherencia</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Observaciones/Sugerencias</b>
Pregunta 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 2	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 3	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 4	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 5	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 6	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

### **DIMENSIÓN 2: PERCEPCIONES Y VIVENCIAS DOCENTES**

<b>Pregunta</b>	<b>Claridad</b>	<b>Coherencia</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Observaciones/Sugerencias</b>
Pregunta 7	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 8	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 9	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 10	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 11	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 12	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

### **DIMENSIÓN 3: ADAPTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN PEDAGÓGICA**

<b>Pregunta</b>	<b>Claridad</b>	<b>Coherencia</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Observaciones/Sugerencias</b>
Pregunta 13	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 14	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 15	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 16	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 17	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 18	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

### **DIMENSIÓN 4: GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO**

<b>Pregunta</b>	<b>Claridad</b>	<b>Coherencia</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Observaciones/Sugerencias</b>
Pregunta 19	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

Pregunta	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/Sugerencias
Pregunta 20	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 21	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 22	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

#### **DIMENSIÓN 5: COLABORACIÓN E INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS**

Pregunta	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/Sugerencias
Pregunta 23	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 24	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 25	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 26	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

#### **DIMENSIÓN 6: CONTEXTO Y APOYO INSTITUCIONAL**

Pregunta	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/Sugerencias
Pregunta 27	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 28	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 29	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	
Pregunta 30	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	5 4 3 2 1	

### **EVALUACIÓN GENERAL Y RECOMENDACIONES**

**Fortalezas del instrumento:**

---



---



---

**Aspectos a mejorar:**

---



---



---

**Sugerencias específicas:**

---



---



---

**Preguntas que recomienda eliminar (indicar número y justificación):**

---

---

**Preguntas que recomienda agregar (indicar dimensión y redacción sugerida):**

---

---

**Modificaciones en la redacción (indicar pregunta y nueva redacción):**

---

---

---

**DECISIÓN FINAL**

**El instrumento es:**  **Aceptable sin modificaciones**

**Aceptable con modificaciones menores**

**Aceptable con modificaciones mayores**

**No aceptable**

**Justificación de la decisión:**

---

---

---

**Firma del experto:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

---

## ANEXO D. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE CAMPO

### FASE I: PREPARACIÓN Y ACERCAMIENTO (Agosto 2023)

Semana	Actividad	Descripción	Responsable	Recursos
Semana 1	Contacto inicial	Reunión con rector, presentación del proyecto	Investigador	Proyecto impreso, carta de presentación
Semana 2	Solicitud de permisos	Trámite de autorizaciones institucionales	Investigador	Formatos oficiales
Semana 3	Socialización	Presentación del proyecto a docentes de matemáticas	Investigador	Presentación digital, proyector
Semana 4	Validación de instrumentos	Revisión por expertos del guion de entrevista	Expertos	Instrumentos impresos

### FASE II: RECOLECCIÓN DE DATOS (Septiembre - Diciembre 2023)

Mes	Semana	Actividad	Participantes	Duración
Septiembre	1-2	Selección de participantes	10 docentes	2 semanas
Septiembre	3-4	Consentimientos informados	Participantes seleccionados	2 semanas
Octubre	1-4	Entrevistas individuales (Grupo 1)	5 docentes	4 semanas
Noviembre	1-4	Entrevistas individuales (Grupo 2)	5 docentes	4 semanas
Diciembre	1-2	Entrevistas de seguimiento	Participantes clave	2 semanas

### FASE III: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS (Enero - Marzo 2024)

Mes	Actividad	Descripción	Producto
Enero	Transcripción	Transcripción literal de entrevistas	10 transcripciones
Febrero	Codificación inicial	Análisis temático preliminar	Códigos iniciales
Marzo	Análisis profundo	Identificación de patrones y temas	Matriz de análisis

### PROGRAMACIÓN ESPECÍFICA DE ENTREVISTAS

**Cronograma Docente por Docente**

<b>Docente</b>	<b>Fecha Programada</b>	<b>Hora</b>	<b>Lugar</b>	<b>Duración Estimada</b>	<b>Estado</b>
<b>Docente 1</b>	02/10/2023	2:00 PM	Sala de profesores	90 min	<input type="checkbox"/> Programada <input type="checkbox"/> Realizada
<b>Docente 2</b>	04/10/2023	9:00 AM	Aula 201		