



UNIVERSIDAD A DISTANCIA DE MADRID
(UDIMA)

*Facultad de Ciencias de la Salud y de la Educación
Departamento de Educación*

Máster Universitario en Educación y Recursos Digitales (Elearning)

**LA PROGRAMACIÓN Y LA ROBÓTICA EDUCATIVA COMO HERRAMIENTAS
TRANSVERSALES PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CLAVE EN
EDUCACIÓN PRIMARIA: UNA PROPUESTA DESDE EL PROGRAMA CÓDIGO
ESCUELA 4.0 EN LA COMUNIDAD DE MADRID.**

Daniel Castellano Cáceres

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Bajo la dirección de:

Prof. Manuel Blázquez

MADRID

22 de Junio de 2025

Resumen.

El presente Trabajo de Fin de Máster desarrolla una propuesta de innovación educativa orientada a la integración progresiva de la programación y la robótica en la Educación Primaria, enmarcada en los actuales procesos de transformación digital que atraviesan los centros escolares. La investigación se sitúa dentro del marco normativo vigente, respaldada por la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020), el Real Decreto 157/2022 que regula las enseñanzas mínimas de Educación Primaria, y la Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018) sobre competencias clave para el aprendizaje permanente. Además, la propuesta se articula en torno al Programa Código Escuela 4.0, impulsado por el Ministerio de Educación y Formación Profesional, que promueve la integración sistemática de la programación y la robótica en los currículos escolares.

La investigación plantea un modelo marco de institucionalización progresiva, diseñado para incorporar estas tecnologías de manera sostenible, adaptable y replicable dentro de los Proyectos Educativos de Centro (PEC) y las Programaciones Generales Anuales (PGA). La estrategia se organiza en tres niveles de madurez institucional: iniciación (sensibilización docente y primeras experiencias prácticas), consolidación (integración curricular de unidades didácticas interdisciplinares), e institucionalización (incorporación formal en los documentos estratégicos del centro, formación continua del profesorado y evaluación sistemática de resultados).

El trabajo se estructura en nueve capítulos. Tras la introducción, se presenta una justificación sustentada en literatura científica reciente, evidencia empírica actualizada y normativa vigente. A continuación, se definen los objetivos generales y específicos. El marco teórico desarrolla los conceptos de pensamiento computacional, competencia digital, robótica educativa, metodologías activas y aprendizaje basado en proyectos (ABP).

Finalmente, el proyecto de innovación articula un plan de implementación gradual, especificando los recursos materiales y humanos, la formación docente continua y un sistema de evaluación mixto basado en indicadores pedagógicos, organizativos y competenciales. Este sistema permite valorar tanto el impacto pedagógico sobre el alumnado como la consolidación institucional del modelo. En síntesis, este trabajo ofrece una hoja de ruta coherente con las políticas educativas vigentes, sustentada en literatura científica actualizada y diseñada para su aplicación práctica, sostenible y transferible.

Palabras clave: Código Escuela 4.0.; competencias clave; LOMLOE; Pensamiento computacional; robótica educativa

Abstract

This Master's Thesis develops an educational innovation proposal aimed at the progressive integration of programming and educational robotics in Primary Education, framed within the current digital transformation processes taking place in schools. The research is situated within the existing regulatory framework, supported by the LOMLOE (Organic Law 3/2020), Royal Decree 157/2022, which regulates the minimum teaching requirements for Primary Education, and the Recommendation of the Council of the European Union (2018) on key competences for lifelong learning. Additionally, the proposal is articulated around the Código Escuela 4.0 Program, promoted by the Spanish Ministry of Education and Vocational Training, which fosters the systematic integration of programming and robotics into school curricula.

The research proposes a progressive institutionalization model designed to incorporate these technologies in a sustainable, adaptable, and replicable manner within the Educational Projects of the School (PEC) and the Annual General Programs (PGA). The strategy is structured into three levels of institutional maturity: initiation (teacher awareness and first practical experiences), consolidation (curricular integration of interdisciplinary teaching units), and institutionalization (formal incorporation into the center's strategic documents, ongoing teacher training, and systematic evaluation of outcomes).

The thesis is structured into nine chapters. Following the introduction, a justification is presented based on recent scientific literature, updated empirical evidence, and current regulations. Subsequently, the general and specific objectives are defined. The theoretical framework addresses key concepts such as computational thinking, digital competence, educational robotics, active methodologies, and project-based learning (PBL).

Finally, the innovation project outlines a gradual implementation plan, specifying the necessary material and human resources, ongoing teacher training, and a mixed evaluation system based on pedagogical, organizational, and competence-based indicators. This system allows for the assessment of both the pedagogical impact on students and the institutional consolidation of the model. In summary, this work provides an institutional roadmap aligned with current educational policies, grounded in updated scientific literature, and designed for practical, sustainable, and transferable application in diverse school contexts.

Keywords: Computational Thinking · educational Robotics · key Competences · LOMLOE · Código Escuela 4.0

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de un modo u otro, han acompañado, sostenido y enriquecido el proceso de elaboración de este Trabajo de Fin de Máster.

En primer lugar, al director académico del presente trabajo, por su guía rigurosa, su disponibilidad constante y su capacidad para orientar con precisión crítica cada una de las fases del proyecto. Su acompañamiento ha sido decisivo para mantener la coherencia metodológica y el compromiso con la excelencia académica.

Al conjunto del equipo docente del máster, por ofrecer una formación rigurosa, actualizada y comprometida con la transformación educativa. Las asignaturas, los debates compartidos y la calidad del material didáctico han sido fundamentales para ampliar mi mirada profesional y consolidar una base sólida desde la que repensar mi práctica docente.

A mis compañeras del máster, por su apoyo, colaboración y cercanía a lo largo del curso. Ha sido especialmente valiosa la posibilidad de compartir dudas, propuestas y aprendizajes en un clima de respeto y estímulo mutuo que ha trascendido lo estrictamente académico.

Finalmente, a mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria vital, y a mi mujer, por su paciencia, comprensión y aliento continuo durante los momentos más intensos del proceso. Sin su presencia, este camino habría sido más difícil y menos significativo.

A todas estas personas, gracias por formar parte de este recorrido académico y vital.

Lista de tablas.

Tabla 1. Objetivos por dimensión y alineación competencial.	58
Tabla 2. Marco normativo referenciado.	59
Tabla 3. Cronograma trianual de implementación institucional por fases.	60
Tabla 4. Indicadores de madurez institucional por etapa.	61
Tabla 5. Distribución de infraestructura y tecnología por nivel educativo.	62
Tabla 6. Componentes incluidos en los kits de robótica y programación.	63
Tabla 7. Roles profesionales y perfiles clave en la institucionalización del modelo.	64
Tabla 8. Resumen de hitos institucionales.	65
Tabla 9. Matriz de indicadores.	66
Tabla 10. Ejemplo de ficha de evaluación institucional.	67
Tabla 11. Encuesta inicial al profesorado.	68
Tabla 12. Parrilla de observación de aula.	69
Tabla 13. Rúbrica de unidades didácticas.	70

Lista de acrónimos

Acrónimo	Término completo	Observaciones
ABP	Aprendizaje Basado en Proyectos	Enfoque metodológico centrado en la resolución de problemas reales.
BOE	Boletín Oficial del Estado	Publicación oficial de legislación y normativas del Estado.
CAST	Center for Applied Special Technology	Organización estadounidense que desarrolló el marco del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).
CC1	Competencia en comunicación lingüística	Capacidad para comprender, expresarse y comunicarse eficazmente en distintas situaciones y soportes lingüísticos.
CC2	Competencia plurilingüe	Aptitud para utilizar diferentes lenguas de manera adecuada en contextos sociales, académicos y culturales.
CC3	Competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería	Integración de razonamiento lógico, comprensión científica y resolución de problemas en situaciones reales.
CC4	Competencia digital	Uso seguro, crítico y responsable de las tecnologías digitales en el aprendizaje y la vida cotidiana.
CC5	Competencia personal, social y de aprender a aprender	Desarrollo de estrategias metacognitivas, autorregulación y habilidades socioemocionales para aprender a lo largo de la vida.
CC6	Competencia ciudadana	Capacidad para participar activamente en la vida democrática, con juicio ético y sentido de responsabilidad.
CC7	Competencia emprendedora	Habilidad para transformar ideas en acciones, gestionar proyectos y asumir riesgos de forma responsable.
CC8	Competencia en conciencia y expresión culturales	Sensibilidad, creatividad y apreciación por las manifestaciones artísticas, culturales y patrimoniales propias y ajenas.
CTIF	Centro Territorial de Innovación y Formación	Entidad de formación del profesorado en la Comunidad de Madrid, clave en el desarrollo profesional docente.
DigCompEdu	Digital Competence of Educators	Marco europeo de competencia digital docente, base del MRCDD.
DigCompOrg	Digital Competence Framework for Educational Organisations	Marco europeo para la transformación digital institucional en centros educativos.
DUA	Diseño Universal para el Aprendizaje	Marco para garantizar accesibilidad y equidad educativa.
INTEF	Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del	Organismo dependiente del MEFPD, responsable de impulsar la competencia digital docente y la

	Profesorado	innovación educativa.
ISTE	International Society for Technology in Education	Organización internacional que establece estándares para el uso pedagógico de tecnologías en el aula.
LOMLOE	Ley Orgánica 3/2020 de Educación	Normativa vigente que regula el sistema educativo español.
MEFP	Ministerio de Educación y Formación Profesional	Nombre del ministerio vigente hasta noviembre de 2023.
MEFPD	Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes	Nueva denominación oficial desde el Real Decreto 829/2023.
MRCDD	Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente	Herramienta oficial elaborada por el MEFP a partir del modelo europeo DigCompEdu.
OECD/OCDE	Organisation for Economic Co-operation and Development / Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	Organismo internacional que promueve políticas educativas basadas en evidencia y evaluación comparada.
PEC	Proyecto Educativo de Centro	Documento institucional que define los principios del centro.
PGA	Programación General Anual	Instrumento anual de planificación y seguimiento escolar.
RD	Real Decreto	Disposición legal con rango reglamentario estatal.
SAMR	Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition	Modelo de integración tecnológica que describe niveles de transformación educativa.
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics	Enfoque educativo centrado en la integración de las disciplinas científicas, tecnológicas, de ingeniería y matemáticas.
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación	Infraestructura digital aplicada a contextos educativos.
TFM	Trabajo Fin de Máster	Trabajo académico que culmina el Máster Universitario.
TPACK	Technological Pedagogical and Content Knowledge	Modelo que integra conocimientos tecnológicos, pedagógicos y disciplinares para un uso didáctico eficaz.
UE	Unión Europea	Entidad política y económica supranacional de referencia normativa.

Tabla de contenidos.

1.- Introducción.	1
2.- Justificación.	3
3.- Objetivos.	7
4.- Marco teórico.	9
4.1.- Fundamentos normativos del enfoque competencial y digital en Primaria.	9
4.2.- Pensamiento computacional como competencia transversal.	12
4.3.- Robótica educativa: enfoques, potenciales y limitaciones.	15
4.4.- Competencia digital docente e institucionalización del cambio.	18
4.5.- Modelos metodológicos para el desarrollo de competencias clave con tecnología.	21
4.6.- Vacíos conceptuales, controversias y oportunidades de investigación.	24
5.- Proyecto de innovación: Estrategia escalonada para la institucionalización de la robótica educativa.	28
5.1.- Descripción del centro y muestra.	28
5.2.- Finalidad.	29
5.3.- Fases o etapas del proyecto.	30
5.4.- Recursos materiales y humanos.	34
5.5.- Metodología.	38
5.6.- Temporalización.	41
5.7.- Evaluación.	43
6.- Conclusiones.	47
7.- Valoración crítica.	48
8.- Referencias bibliográficas.	50
9.- Anexos.	58

1.- Introducción.

La robótica educativa y la programación visual han dejado de ser herramientas periféricas para convertirse en componentes fundamentales de una educación orientada al desarrollo competencial. En el contexto de transformación digital promovido por la Unión Europea y articulado por los Estados miembros, estas tecnologías se posicionan como mediadores esenciales para que el alumnado adquiera habilidades cognitivas, sociales, metacognitivas y digitales adaptadas al siglo XXI (Ferrari, 2013; Redecker y Punie, 2017). Su valor no radica únicamente en los aprendizajes técnicos que propician, sino en su potencial para catalizar procesos de pensamiento computacional, resolución de problemas, creatividad, trabajo en equipo y autonomía del aprendizaje (Voogt et al., 2015; Bers, 2020).

En los últimos años, la literatura científica ha intensificado su interés en la relación entre pensamiento computacional y el desarrollo de las competencias clave del currículo europeo (Consejo UE, 2018; Moreno-León et al., 2015). Diversos estudios destacan que la enseñanza de la programación mediante lenguajes visuales y la manipulación de dispositivos robóticos permite introducir a edades tempranas una forma de razonar estructurada y transferible a contextos académicos y cotidianos (Resnick, 2017; Blikstein, 2018). Sin embargo, también se han identificado importantes limitaciones en los modelos de aplicación actuales, como la fragmentación curricular, la falta de formación docente y la ausencia de estrategias de institucionalización sostenibles (Heintz et al., 2016; Bocconi et al., 2022).

Desde el punto de vista normativo, el marco legislativo español establece con claridad la necesidad de integrar la competencia digital como elemento transversal en todo el sistema educativo. La **Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE)** y el **Real Decreto 157/2022**, que regula las enseñanzas mínimas de Educación Primaria, incorporan el pensamiento computacional como contenido obligatorio en áreas como Matemáticas y Conocimiento del Medio (BOE-A-2020-17264; BOE-A-2022-157). Esta directriz se complementa con la **Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018)** sobre competencias clave para el aprendizaje permanente, que reconoce la competencia digital como derecho formativo fundamental (Consejo UE, 2018). En este marco, la **Orden EFP/687/2022** establece la estructura del perfil de salida del alumnado y sus competencias clave, subrayando la importancia de implementar una pedagogía digitalmente competente y adaptada a los desafíos contemporáneos.

La respuesta política e institucional a estas demandas ha sido la creación del **Programa Código Escuela 4.0**, impulsado y financiado por el Ministerio de Educación y Formación Profesional. Este programa propone incorporar la programación y la robótica en las etapas obligatorias desde un enfoque sistemático, dotando a los centros de recursos y formación docente (BOE-A-2023-16620; BOE-A-2024-18091). No obstante, la implementación efectiva del programa requiere modelos organizativos que integren estos contenidos en los **Proyectos Educativos de Centro (PEC)** y las **Programaciones Generales Anuales (PGA)**, trascendiendo iniciativas puntuales o centradas en individuos.

El presente Trabajo de Fin de Máster se inscribe en esta lógica institucional. Se propone diseñar una **estrategia escalonada de integración progresiva de la robótica educativa** en los centros escolares de la Comunidad de Madrid, con atención a su dimensión organizativa, tecnológica y pedagógica. El modelo está estructurado en tres niveles: (1) iniciación, centrado en la sensibilización y el uso guiado de recursos tecnológicos; (2) consolidación, orientado a proyectos de aula con integración curricular explícita; y (3) institucionalización, que implica la incorporación plena de la robótica y la programación en los documentos de planificación estratégica del centro. Esta secuencia busca acompañar el proceso real de adopción de tecnologías educativas por parte del profesorado y la comunidad escolar, conforme a los principios de sostenibilidad, autonomía y mejora continua (Fullan, 2015; Mishra y Koehler, 2006).

En resumen, este trabajo pretende contribuir no solo a la implementación de una política pública concreta, sino al debate académico sobre cómo articular de forma estratégica y sostenible las tecnologías educativas con los procesos de mejora escolar en contextos reales y diversos.

La propuesta se desarrolla a lo largo de nueve capítulos. Este capítulo introductorio contextualiza el problema, presenta los antecedentes normativos y científicos, y describe la estructura general del trabajo. En el capítulo 2 se presenta la **justificación**, donde se argumenta la relevancia y necesidad de la propuesta tanto desde una perspectiva empírica como institucional. El capítulo 3 expone los **objetivos generales y específicos**, delimitados en base a criterios de viabilidad, pertinencia y alineación curricular. El capítulo 4 constituye el **marco teórico**, con un análisis crítico y triangulado de los enfoques pedagógicos, tecnológicos y legislativos que sustentan el proyecto. El capítulo 5 desarrolla la **propuesta de innovación** mediante la descripción de fases, recursos, metodología, temporalización y evaluación. Los capítulos finales recogen las **conclusiones**, la **valoración crítica personal**, las **referencias bibliográficas** en estilo APA 7 y los **anexos** necesarios.

2.- Justificación.

La necesidad de transformar el sistema educativo ante los desafíos de la sociedad digital no solo responde a una cuestión tecnológica, sino también a un cambio epistemológico, metodológico y organizativo profundo. En este contexto, la integración de la programación y la robótica educativa en el currículo de Educación Primaria no puede entenderse como una moda pedagógica, sino como una respuesta estructurada y sostenida a las exigencias de la formación integral del alumnado en el siglo XXI (OCDE, 2021; UNESCO, 2022). La presente propuesta se justifica desde una triple convergencia: el marco normativo vigente, la evidencia científica acumulada y las necesidades institucionales de los centros escolares.

En primer lugar, la **Ley Orgánica 3/2020** (Jefatura del Estado, 2020), conocida como **LOMLOE**, marca un punto de inflexión al redefinir el perfil de salida del alumnado en términos de competencias clave, destacando la **competencia digital y el pensamiento computacional** como pilares para el aprendizaje a lo largo de la vida. Esta perspectiva se operacionaliza en el **Real Decreto 157/2022**, que incluye el pensamiento computacional como contenido específico en las áreas de Matemáticas y Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en Educación Primaria. Este RD establece, además, que las competencias deben trabajarse de forma transversal, mediante metodologías activas, conectadas a problemas reales y con recursos tecnológicos integrados. Por su parte, la **Orden EFP/687/2022**, que desarrolla el perfil competencial del alumnado, incide en que la competencia digital no se limita a habilidades instrumentales, sino que implica una alfabetización crítica, creativa y socialmente comprometida.

A nivel supranacional, la **Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018)** establece la competencia digital como una de las ocho competencias clave, articulándola como una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que deben trabajarse desde la infancia, con metodologías significativas y evaluación formativa. Este enfoque es compartido por el **Marco Europeo para la Competencia Digital del Alumnado (DigComp 2.2)** y el **Marco para la Competencia Digital Docente (DigCompEdu)**, que subrayan la necesidad de una cultura digital escolar transversal y progresiva (Redecker y Punie, 2017; Ferrari, 2013).

El despliegue de estas políticas se concreta en iniciativas como el **Programa Código Escuela 4.0**, financiado por el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea. Este programa establece la obligatoriedad de integrar contenidos de programación y robótica educativa en las etapas obligatorias, dotando a los centros de recursos tecnológicos, formación docente y acompañamiento institucional (BOE-A-2023-16620; BOE-A-2024-18091). Sin embargo, como

advierde Fullan (2012), el riesgo de implementar programas tecnológicos de forma fragmentada o meramente técnica es considerable si no se acompañan de un **diseño organizativo coherente, que implique liderazgo compartido, prácticas institucionalizadas y documentos estructurales del centro.**

Desde la investigación educativa, existe un consenso creciente sobre los beneficios del pensamiento computacional y la robótica para el desarrollo cognitivo, metacognitivo y socioemocional del alumnado. Estudios de Moreno-León et al. (2015), Bers (2020) o Papavlasopoulou et al. (2019) han demostrado que el aprendizaje de programación con lenguajes visuales como Scratch potencia la resolución de problemas, el pensamiento lógico y la creatividad. Asimismo, investigaciones como las de Voogt et al. (2015) o Bocconi et al. (2022) destacan el valor transversal del pensamiento computacional y la robótica para ser aplicados en proyectos interdisciplinares, especialmente en metodologías como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) o el diseño centrado en el estudiante.

Sin embargo, también se ha documentado ampliamente que estos beneficios **no se materializan cuando las experiencias son aisladas, extracurriculares o desvinculadas de los planes institucionales.** Blikstein (2018) advierte que la robótica educativa, si no se articula con criterios pedagógicos y organizativos claros, puede convertirse en una experiencia elitista o marginal.

Diversos estudios han documentado que los beneficios de la robótica educativa solo se consolidan cuando se integra en el currículo y las estructuras institucionales. Anwar et al. (2019) resaltan que “desarrollar los beneficios específicos alcanzados mediante la implementación de la robótica en entornos formales e informales K-12 es necesario” y subrayan la importancia de “diversidad y ampliación de la participación” para evitar que la robótica se constituya como una experiencia elitista o marginal. Heintz et al. (2016) alertan de la falta de continuidad y sostenibilidad en programas piloto que no alcanzan a formar parte del PEC ni de la PGA. Para evitar este tipo de escenarios, la OCDE (2021) recomienda que las estrategias de innovación tecnológica se inscriban en **planes institucionales progresivos**, con objetivos claros, recursos adecuados, evaluación sistemática y liderazgo distribuido.

Esta es precisamente la aportación del presente TFM: el diseño de un **modelo institucional escalonado**, basado en tres niveles de integración progresiva de la robótica educativa. El **Nivel 1: iniciación** responde a una fase de sensibilización y exploración guiada, con acompañamiento metodológico. El **Nivel 2: consolidación** implica el uso curricular regular de tecnologías educativas mediante proyectos interdisciplinares contextualizados. Finalmente, el **Nivel 3: institucionalización**

implica la incorporación estructural en el PEC y la PGA, la formación docente continua, la evaluación organizativa y la apropiación colectiva de la innovación. Este modelo está alineado con los marcos de cambio sistémico de Fullan (2015), con el modelo TPACK (Mishra y Koehler, 2006), y con propuestas de sostenibilidad como las de ISTE (2022a), que insisten en el papel clave de las comunidades profesionales de aprendizaje.

En la Comunidad de Madrid, donde el presente modelo se propone implementar, existen notables desigualdades entre centros en cuanto a equipamiento, cultura digital, perfil del claustro y experiencia previa en innovación. Esta heterogeneidad requiere una **propuesta adaptable y escalable**, que no presuponga condiciones óptimas de partida. Como indica Ferrari (2013), el desarrollo de la competencia digital debe plantearse como un proceso institucional contextualizado. Por ello, el enfoque progresivo planteado en este trabajo permite acompañar a los centros en su maduración organizativa, respetando su autonomía y favoreciendo la equidad.

Asimismo, esta propuesta da respuesta a las demandas expresadas por equipos docentes en distintos estudios nacionales (INTEF, 2022), que reclaman modelos claros, viables, institucionales y basados en evidencia para implementar tecnologías educativas. La estrategia escalonada aquí planteada establece indicadores organizativos y pedagógicos, define fases temporales, y contempla tanto la evaluación del proceso como del impacto. A diferencia de otros enfoques centrados únicamente en el aula o en la dotación de recursos, este modelo parte de una **visión de escuela como ecosistema interconectado**, en el que la innovación tecnológica debe formar parte de los procesos de mejora institucional.

En síntesis, esta propuesta se justifica por su capacidad para:

- Dar cumplimiento normativo a los marcos legales vigentes (LOMLOE, RD 157/2022, Recomendación UE 2018).
- Responder a la evidencia empírica sobre los beneficios de la robótica educativa integrada curricularmente.
- Superar las limitaciones documentadas de enfoques individuales o extracurriculares.
- Contribuir a la equidad entre centros mediante un modelo adaptable y progresivo.
- Fortalecer la capacidad institucional de los centros mediante estrategias de cambio organizativo sostenibles.

Este TFM no solo propone una intervención viable, sino que aporta un modelo de gestión del cambio educativo con potencial de replicabilidad, transferibilidad y alineación política, pedagógica y organizativa.

3.- Objetivos.

El presente TFM se enmarca en el ámbito de la innovación educativa institucional, tomando como eje la integración sistemática de la programación y la robótica educativa en el currículo de Educación Primaria. La propuesta responde a un enfoque organizativo, competencial y normativo, en consonancia con la transformación digital impulsada desde instancias estatales y europeas. En este sentido, el establecimiento de objetivos claros, viables y estructurados resulta imprescindible para delimitar el alcance del trabajo, orientar su desarrollo metodológico y garantizar la coherencia interna de la intervención propuesta.

El diseño de objetivos en este trabajo se alinea con los principios establecidos en el **perfil de salida del alumnado** definido por la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020), el Real Decreto 157/2022, así como la **Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018)** sobre competencias clave. Asimismo, se articula con los propósitos operativos del **Programa Código Escuela 4.0**, cuya finalidad es institucionalizar el pensamiento computacional y la robótica educativa en los centros escolares españoles a través de estrategias sostenibles y equitativas. La formulación de los objetivos también se fundamenta en los marcos internacionales de transformación educativa como **DigCompEdu** (Redecker y Punie, 2017) y los estándares organizativos propuestos por **ISTE** (2022a).

Objetivo general

Diseñar un modelo marco de integración progresiva de la programación y la robótica educativa en los documentos estratégicos de centros públicos y concertados de Educación Primaria en la Comunidad de Madrid, articulado en niveles escalonados, con criterios de sostenibilidad, equidad organizativa y alineación normativa.

Este objetivo recoge el núcleo de la propuesta del TFM: una estrategia institucional de cambio progresivo y realista, capaz de ser incorporada en los **Proyectos Educativos de Centro (PEC)** y en las **Programaciones Generales Anuales (PGA)**, favoreciendo la apropiación pedagógica, técnica y cultural de las tecnologías educativas.

Objetivos específicos

1. **Analizar los marcos normativos nacionales y europeos que fundamentan la integración del pensamiento computacional y la robótica educativa** en la etapa de Educación Primaria, con

especial atención a la LOMLOE, el RD 157/2022, la Recomendación UE 2018 y el Programa Código Escuela 4.0.

2. **Revisar críticamente la literatura científica y técnica sobre el impacto educativo del pensamiento computacional, la programación visual y la robótica educativa**, valorando sus implicaciones pedagógicas, organizativas y sociales en contextos escolares diversos (Papavlasopoulou et al., 2019; Voogt et al., 2015; Bers, 2020).
3. **Identificar las condiciones institucionales necesarias para una integración sostenible de estas tecnologías**, incluyendo la formación docente continua, la dotación tecnológica básica, los roles de liderazgo pedagógico y la coordinación curricular.
4. **Diseñar una propuesta de integración escalonada de la robótica educativa estructurada en tres niveles de madurez institucional** (iniciación, consolidación e institucionalización), especificando fases, recursos, metodologías y temporalización adaptables a contextos diversos.
5. **Definir indicadores organizativos y pedagógicos que permitan evaluar el impacto de la propuesta**, tanto en términos de adopción institucional como de transformación didáctica, incluyendo herramientas de seguimiento mixto y estrategias de mejora continua (Fullan, 2015; ISTE, 2022a).
6. **Alinear la propuesta con las competencias clave del perfil de salida del alumnado según la LOMLOE y la Recomendación UE 2018**, destacando su potencial para contribuir al desarrollo transversal de la competencia digital, la competencia de aprender a aprender y la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería.

La formulación de estos objetivos permite estructurar el trabajo de forma lógica y coherente, asegurando la conexión entre el diagnóstico teórico, la propuesta de innovación y los mecanismos de evaluación. Además, refuerza el carácter institucional y replicable del modelo diseñado, garantizando su correspondencia con las demandas actuales de transformación educativa, tanto a nivel legislativo como organizativo.

4.- Marco teórico.

El presente marco teórico delimita los fundamentos conceptuales, pedagógicos y normativos que sustentan la integración de la programación y la robótica educativa en Educación Primaria. A través de un análisis riguroso de literatura especializada, marcos normativos vigentes y enfoques metodológicos actuales, se establecen las bases que orientarán el diseño de la propuesta de innovación institucional.

4.1.- Fundamentos normativos del enfoque competencial y digital en Primaria.

La transformación educativa contemporánea requiere un replanteamiento profundo del currículo, los métodos y las finalidades del sistema escolar. En este contexto, la integración de la programación y la robótica en Educación Primaria no puede comprenderse como una acción marginal o complementaria, sino como una respuesta estructural al marco legislativo y pedagógico vigente. Este apartado presenta los fundamentos normativos que justifican la introducción del pensamiento computacional y la competencia digital como elementos transversales del currículo, en conexión directa con la LOMLOE, el Real Decreto 157/2022, la Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018), la Orden EFP/687/2022 y el Programa Código Escuela 4.0.

4.1.1.- LOMLOE: perfil de salida y competencias clave.

La Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre (LOMLOE), representa una reforma sustancial de la educación básica, centrada en el desarrollo integral del alumnado y en la adquisición de las competencias clave para el aprendizaje permanente. El **artículo 1** establece entre sus principios la formación para el ejercicio activo de la ciudadanía, el uso ético de la tecnología y la igualdad de oportunidades en el acceso a las competencias digitales. Esta visión se materializa en el perfil de salida del alumnado, definido como el conjunto de competencias que debe adquirir al finalizar la educación obligatoria.

Entre las ocho competencias clave reconocidas por la LOMLOE, destaca especialmente la **competencia digital**, entendida como la capacidad de utilizar tecnologías digitales de forma crítica, creativa y segura para el aprendizaje, el trabajo y la participación social (BOE-A-2020-17264). Además, la ley contempla el **pensamiento computacional** como contenido transversal que debe ser promovido desde las primeras etapas educativas, en coherencia con el marco europeo de referencia (Consejo UE, 2018).

4.1.2.- Real Decreto 157/2022: integración del pensamiento computacional.

El Real Decreto 157/2022, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Educación Primaria, operativiza el enfoque competencial establecido por la LOMLOE. En él se especifica que el currículo ha de contribuir al desarrollo del pensamiento crítico, la competencia digital y la alfabetización tecnológica, integrando el pensamiento computacional en áreas como Matemáticas y Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural (MEFP, 2022).

De forma explícita, el Anexo II del RD incluye la resolución de problemas mediante secuencias de instrucciones, la representación de algoritmos y la creación de soluciones tecnológicas como aprendizajes esperados. Esta inclusión supone un **cambio de paradigma curricular**, al legitimar el pensamiento computacional como contenido sistemático y no como actividad extracurricular o dependiente de proyectos puntuales. Así, la legislación demanda su institucionalización mediante estrategias pedagógicas estructuradas y sostenibles.

4.1.3.- Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018): visión competencial integrada.

La Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 22 de mayo de 2018 sobre competencias clave para el aprendizaje permanente (2018/C 189/01) establece un marco común para los Estados miembros, orientado a garantizar la adquisición de competencias necesarias para la vida personal, profesional y ciudadana. Este documento redefine la **competencia digital** como la capacidad de utilizar con confianza, sentido crítico y ético las tecnologías digitales, y vincula el pensamiento computacional con el desarrollo del razonamiento lógico, la resolución de problemas y la creatividad.

Además, insiste en que la competencia digital debe ser promovida **de forma transversal, integrada y progresiva**, adaptada a cada etapa educativa y conectada con otros aprendizajes. En este sentido, la robótica educativa y los lenguajes de programación visual representan vehículos idóneos para su desarrollo, especialmente cuando se integran en metodologías activas, proyectos interdisciplinares y contextos reales (Consejo UE, 2018; Voogt et al., 2015).

4.1.4.- Programa Código Escuela 4.0: articulación política del pensamiento computacional.

En línea con las recomendaciones europeas y el marco legal español, el Ministerio de Educación y Formación Profesional ha impulsado el **Programa Código Escuela 4.0**, aprobado mediante la Resolución BOE-A-2023-16620 y modificado por BOE-A-2024-18091. Este programa

forma parte del componente 19 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea a través del instrumento NextGenerationEU.

El programa establece como objetivo general incorporar el pensamiento computacional, la programación y la robótica en todas las etapas obligatorias, comenzando desde Educación Infantil. Para ello, articula medidas de dotación tecnológica, formación del profesorado, desarrollo curricular y acompañamiento institucional. En el caso de la Educación Primaria, la inclusión de estas competencias debe realizarse de forma **curricular, transversal e integrada en los documentos estratégicos del centro**, como el PEC y la PGA.

El diseño del presente TFM se enmarca precisamente en este enfoque, proponiendo una estrategia escalonada que permita **institucionalizar el pensamiento computacional** como eje pedagógico transversal. Así, la propuesta responde no solo a una necesidad didáctica, sino también a una obligación política y normativa asumida por el sistema educativo español y, específicamente, por la Comunidad de Madrid.

4.1.5.- Orden EFP/687/2022: perfil competencial y estructura curricular.

La Orden EFP/687/2022, de 29 de junio, por la que se determina la estructura del currículo de Educación Primaria, complementa los desarrollos normativos anteriores, estableciendo la arquitectura del currículo en términos de competencias específicas, saberes básicos, criterios de evaluación y situaciones de aprendizaje. Esta orden define con claridad el perfil de salida del alumnado en base a competencias clave, conectadas a contextos reales y aprendizajes transferibles.

Dentro de esta estructura, el pensamiento computacional aparece como contenido transversal que debe reflejarse en las situaciones de aprendizaje, en la selección de los saberes básicos y en la formulación de criterios de evaluación. Además, se explicita que la competencia digital debe desarrollarse **de forma situada, interdisciplinar y progresiva**, promoviendo no solo el uso técnico de herramientas digitales, sino también su integración en la resolución de problemas, la creación de contenidos y la reflexión crítica.

Esta visión curricular refuerza la necesidad de pasar de intervenciones puntuales a modelos organizativos integrados, como el que se plantea en este TFM. La estrategia escalonada propuesta pretende facilitar la incorporación efectiva de estos contenidos mediante **una secuencia de niveles de madurez institucional**, adaptada a la realidad diversa de los centros escolares.

En conjunto, estos marcos normativos configuran un entorno legislativo que no solo **legitima la integración del pensamiento computacional y la robótica educativa**, sino que **exige su incorporación estructural**. La convergencia entre LOMLOE, RD 157/2022, la Recomendación UE 2018, el Programa Código Escuela 4.0 y la Orden EFP/687/2022 constituye el fundamento legal y pedagógico de la propuesta presentada en este TFM. Ignorar este marco normativo equivaldría a reducir la robótica educativa a una experiencia decorativa o marginal, desvinculada de los fines de la educación obligatoria.

Este apartado demuestra que la propuesta no parte de una iniciativa aislada, sino que responde a **un mandato institucional amplio, coherente y alineado con los principios de equidad, sostenibilidad e inclusión** que rigen la transformación educativa en Europa y en España.

4.2.- Pensamiento computacional como competencia transversal.

El pensamiento computacional ha emergido como una de las competencias clave en el siglo XXI, trascendiendo su origen informático para convertirse en una capacidad transversal aplicable a múltiples áreas del conocimiento. Su inclusión en los currículos escolares no responde únicamente a una exigencia tecnológica, sino a la necesidad de dotar al alumnado de herramientas cognitivas, metacognitivas y estratégicas para enfrentar problemas complejos en contextos diversos (Wing, 2006; Grover y Pea, 2013). Este apartado profundiza en su definición, dimensiones pedagógicas, vinculación competencial, progresión por etapas y formas de evaluación educativa.

4.2.1.- Definición y dimensiones del pensamiento computacional.

La primera definición ampliamente aceptada del pensamiento computacional fue formulada por Wing (2006), quien lo describió como una forma de pensamiento que implica formular problemas y sus soluciones de forma que una persona, o un agente computacional, pueda llevar a cabo de manera efectiva. Esta formulación fue posteriormente ampliada para incluir habilidades como la descomposición de problemas, el reconocimiento de patrones, la abstracción y el diseño de algoritmos (Grover y Pea, 2013).

Desde una perspectiva educativa, el pensamiento computacional se considera un **modo de razonamiento sistemático**, estructurado y orientado a la resolución de problemas. No se limita al uso de ordenadores o lenguajes de programación, sino que implica una forma de abordar tareas complejas mediante procesos lógicos y creativos (Brennan y Resnick, 2012). En este sentido, su

enseñanza se vincula a la alfabetización digital crítica y al desarrollo del pensamiento lógico y estratégico desde las primeras etapas escolares.

4.2.2.- Aplicaciones educativas: resolución de problemas, secuenciación, algoritmia.

Las aplicaciones del pensamiento computacional en el ámbito educativo son múltiples y adaptables a distintos niveles. En Educación Primaria, puede abordarse a través de actividades que promuevan la **resolución de problemas estructurados**, la **secuenciación de acciones**, la **identificación de patrones** y la **construcción de algoritmos** sencillos, ya sea de forma unplugged (sin dispositivos) o mediante lenguajes de programación visual como Scratch o MakeCode (Bers, 2020).

Diversos estudios han evidenciado que estas actividades favorecen el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior, como el razonamiento lógico, la capacidad analítica y la planificación estratégica (Kalelioglu et al., 2016). Además, su implementación mediante metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) o el diseño centrado en retos, permite contextualizar los aprendizajes y vincularlos con situaciones reales del entorno del alumnado (Voogt et al., 2015).

4.2.3.- Relación con otras competencias clave.

El pensamiento computacional no debe entenderse como una competencia aislada, sino como un eje transversal que se entrelaza con otras dimensiones del aprendizaje. En primer lugar, guarda una estrecha relación con la **competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)**, al compartir procesos como la modelización, la lógica formal y la resolución de problemas. En segundo lugar, potencia la **competencia de aprender a aprender**, al requerir metacognición, autorregulación y perseverancia en la construcción de soluciones (Consejo UE, 2018).

También está vinculado con la **competencia digital**, ya que el uso reflexivo de herramientas tecnológicas exige una comprensión operativa y conceptual de los procesos subyacentes. Finalmente, cuando se desarrolla en entornos colaborativos y con finalidades creativas, contribuye a la **competencia en sentido de iniciativa y espíritu emprendedor**, así como a la expresión artística mediante la creación de artefactos interactivos, narrativas digitales o simulaciones (Bocconi et al., 2022).

4.2.4.- Modelos de progresión por etapas.

Uno de los retos clave en la incorporación del pensamiento computacional en el currículo escolar es el diseño de **modelos de progresión competencial** adecuados a cada etapa del desarrollo cognitivo. Diversos organismos y autores han propuesto secuencias que permiten introducir este pensamiento desde la Educación Infantil hasta la Secundaria. Bers (2020) propone un modelo escalonado basado en la metáfora del “juego”, donde se pasa de la exploración manipulativa a la creación de proyectos complejos con progresiva autonomía.

Bocconi et al. (2016) describen fases de adopción del pensamiento computacional - desde la iniciación hasta la generalización sistemática - aunque no organizadas oficialmente en niveles formales. Aun así, la normativa española (Real Decreto 157/2022) obliga a los centros a desarrollar **secuencias didácticas coherentes con el grado de madurez del alumnado y su experiencia con la tecnología.**

4.2.5.- Evaluación del pensamiento computacional.

La evaluación del pensamiento computacional representa un campo en desarrollo, donde se combinan enfoques cualitativos y cuantitativos. Moreno-León et al. (2015) desarrollaron el instrumento Dr. Scratch, que permite analizar automáticamente programas realizados por el alumnado y valorar su nivel en distintas dimensiones (flujo de control, paralelismo, abstracción, etc.). Sin embargo, como advierten Grover y Basu (2020), estos instrumentos deben ser complementados con estrategias formativas como rúbricas, observaciones directas, entrevistas y análisis de procesos.

Además, ISTE (2022b) recomienda vincular la evaluación del pensamiento computacional a la resolución de tareas auténticas y a la capacidad del alumnado para transferir lo aprendido a nuevos contextos. En esta línea, la evaluación no debe centrarse exclusivamente en el producto final (el código), sino también en el proceso de construcción, el razonamiento seguido y la reflexión metacognitiva del estudiante.

En conjunto, el pensamiento computacional se consolida como una competencia clave que va más allá de la alfabetización digital y se proyecta como un **instrumento estructurante del aprendizaje escolar contemporáneo**. Su enseñanza permite a los estudiantes comprender, modelar y transformar su realidad mediante estructuras lógicas, iterativas y creativas. Su transversalidad y potencial transformador justifican su inclusión curricular obligatoria, así como su institucionalización mediante estrategias progresivas como la que propone este TFM.

4.3.- Robótica educativa: enfoques, potenciales y limitaciones.

La robótica educativa se ha consolidado como una de las herramientas más versátiles y significativas dentro de los entornos de aprendizaje mediados por tecnología. Su valor pedagógico radica no sólo en su componente técnico, sino en su capacidad para integrar pensamiento computacional, creatividad, resolución de problemas, trabajo colaborativo y alfabetización digital en experiencias didácticas concretas y motivadoras (Bers, 2020; Resnick, 2017). Este apartado aborda la definición y clasificación de la robótica educativa, sus beneficios documentados en Educación Primaria, los principales retos de implementación y su relación directa con metodologías activas orientadas al desarrollo de competencias clave.

4.3.1.- Definición, componentes y categorías.

La robótica educativa puede definirse como el uso de dispositivos robóticos programables en contextos de aprendizaje, con fines didácticos, experimentales o expresivos. Implica generalmente el uso de sensores, actuadores y microcontroladores (como Arduino o micro:bit), integrados en plataformas físicas que responden a instrucciones programadas mediante lenguajes visuales o basados en bloques (Sullivan y Bers, 2016).

Se pueden distinguir tres grandes categorías:

- **Robótica manipulativa:** centrada en el montaje físico de estructuras robóticas (Eleckfreaks Nezha V2, LEGO).
- **Robótica programada:** enfocada en la codificación de comportamientos autónomos (Scratch, MakeCode).
- **Robótica contextual:** integrada en proyectos interdisciplinarios con finalidad proyectos socio-artísticos o con propósito real, recogiendo la dimensión de *proyectos dirigidos por el alumnado* descrita por Papert (1980).

Estas tipologías no son excluyentes y, en muchos casos, se combinan en actividades globalizadas. Su riqueza metodológica permite adaptar la robótica a diferentes niveles madurativos, estilos de aprendizaje y contextos escolares.

4.3.2.- Beneficios pedagógicos.

Desde una perspectiva constructivista, la robótica educativa promueve el aprendizaje activo mediante la construcción tangible de objetos significativos. Papert (1980), creador del lenguaje

Logo, planteó que el aprendizaje más profundo ocurre cuando los estudiantes construyen artefactos que son compartibles, revisables y socialmente relevantes. Esta idea fue ampliada por Resnick (2017), quien desarrolló la noción de *creación significativa* como eje del entorno Scratch, donde los niños programan historias, juegos o simulaciones que pueden compartir y colaborar en comunidad.

Bers (2020) destaca el potencial de la robótica como “espacio de juego educativo” que combina codificación, narrativa, valores y ciudadanía digital. En sus investigaciones con niños de entre 5 y 12 años, encontró que el trabajo con kits robóticos facilita el desarrollo del pensamiento algorítmico, la planificación de tareas, la coordinación visoespacial y la autorregulación emocional, especialmente cuando se acompaña de una secuenciación didáctica adecuada.

Otros estudios destacan su contribución a la adquisición de habilidades metacognitivas, como la capacidad de depurar errores, anticipar consecuencias y mejorar diseños iterativos (Bers et al., 2014). En contextos colaborativos, la robótica educativa potencia además la comunicación efectiva, la negociación de ideas y la empatía.

4.3.3.- Estudios de impacto en Educación Primaria.

La revisión sistemática de Benitti (2012) sobre robótica en Primaria reveló mejoras significativas en el rendimiento académico. Más recientemente, Papavlasopoulou et al. (2019) analizaron 32 estudios empíricos y observaron que estas actividades favorecen el desarrollo del pensamiento lógico, la creatividad y la autoestima del alumnado, aunque no abordaron explícitamente la participación diferencial de niñas en contextos tecnológicos.

En el ámbito español, Moreno-León et al. (2015) demostraron que el uso de Scratch permite analizar y evaluar automáticamente estructuras algorítmicas complejas -como control de flujo, paralelismo y abstracción- en proyectos del alumnado, mostrando su valor para mejorar la comprensión de conceptos de programación. Otros trabajos han subrayado la importancia del acompañamiento docente y de la planificación curricular explícita para evitar usos anecdóticos o descontextualizados (Fullan, 2012).

4.3.4.- Retos de implementación institucional.

Pese a sus potenciales, la implementación de la robótica educativa enfrenta obstáculos recurrentes a nivel institucional. En primer lugar, la brecha formativa del profesorado es uno de los factores más citados, ya que muchos docentes carecen de seguridad técnica o metodológica para

integrar actividades robóticas en sus clases, lo que genera resistencias o dependencia de perfiles externos (Macron, 2025).

En segundo lugar, existe una **desigualdad de acceso a recursos tecnológicos**, especialmente en centros rurales o con limitaciones presupuestarias. Aunque programas como Código Escuela 4.0 buscan paliar esta situación mediante dotación y formación, el éxito de estas medidas depende en gran parte de la capacidad organizativa del centro para integrar dichas herramientas de forma sostenida (Redecker y Punie, 2017).

Un tercer desafío es el riesgo de **fragmentación curricular**, es decir, que las experiencias con robótica queden relegadas a actividades extracurriculares, semanas culturales o proyectos aislados, sin conexión con los objetivos del área ni con el perfil competencial del alumnado. Para evitarlo, es necesario que la robótica se incorpore en los documentos estructurales del centro (PEC y PGA), con objetivos, recursos y evaluación definidos.

4.3.5.- Relación con metodologías activas.

La robótica educativa encuentra su máximo sentido cuando se articula con metodologías activas que favorecen el aprendizaje significativo. El **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)** permite situar los dispositivos robóticos en el contexto de retos auténticos, como diseñar un sistema de riego automático, construir un semáforo inteligente o programar una alarma contra incendios. Estas tareas integran contenidos curriculares de diversas áreas, fomentan la interdisciplinariedad y desarrollan la autonomía del alumnado.

Asimismo, el enfoque del **Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)** permite adaptar las actividades robóticas a distintas necesidades educativas, ofreciendo múltiples formas de representación, acción y expresión (CAST, 2024). Esto convierte a la robótica en una herramienta inclusiva, capaz de involucrar a todo el alumnado en procesos de creación tecnológica.

Modelos como **TPACK** (Technological Pedagogical Content Knowledge) y **SAMR** (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) también permiten analizar el grado de integración de la robótica desde un enfoque sistemático, evaluando si su uso transforma realmente las prácticas docentes o se limita a sustituir herramientas tradicionales.

En resumen, la robótica educativa constituye un recurso pedagógico de alto valor formativo, pero su impacto real depende del enfoque con que se implemente. Integrada en el currículo mediante proyectos estructurados, formación docente y apoyo institucional, puede convertirse en

una palanca para el desarrollo competencial del alumnado y para la innovación organizativa de los centros. Este TFM parte de esta premisa para proponer una estrategia escalonada que favorezca su institucionalización efectiva en el sistema educativo.

4.4.- Competencia digital docente e institucionalización del cambio.

La transformación digital en los centros educativos no se limita exclusivamente a la introducción de recursos tecnológicos en las aulas, sino que implica una revisión integral de las funciones profesionales, los enfoques metodológicos y la organización institucional, orientada a una adopción pedagógica efectiva de las tecnologías digitales (Kampylis et al., 2015). En este marco, la **competencia digital docente** adquiere un carácter estratégico, al constituir un eje vertebrador de los procesos de innovación, sostenibilidad y mejora institucional. El presente apartado examina los marcos de referencia sobre dicha competencia, las barreras y facilitadores de la adopción tecnológica, el papel de la cultura digital en los centros, los modelos de madurez organizativa y las estrategias para una implementación sistémica y sostenible.

4.4.1.- Competencia digital del profesorado: DigCompEdu e INTEF.

El marco **DigCompEdu**, desarrollado por el Joint Research Centre de la Comisión Europea (Redecker y Punie, 2017), define la competencia digital del profesorado como la capacidad para utilizar tecnologías digitales de forma eficaz, ética y pedagógica, en beneficio del aprendizaje del alumnado y del desarrollo profesional propio. Este marco establece seis áreas competenciales: compromiso profesional, recursos digitales, enseñanza y aprendizaje, evaluación, empoderamiento del alumnado y desarrollo de la competencia digital del discente.

En el contexto español, el **Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente** (INTEF, 2022) adapta y concreta los niveles de DigCompEdu en cinco áreas, con 32 competencias específicas organizadas en seis niveles de progresión (A1 a C2). Este instrumento ha sido adoptado oficialmente por el Ministerio de Educación y Formación Profesional para el diagnóstico, la formación y la certificación del profesorado. En él, se reconoce que la competencia digital no es un conocimiento técnico aislado, sino una dimensión transversal del rol docente, con implicaciones metodológicas, éticas, comunicativas y colaborativas.

4.4.2.- Barreras y facilitadores para la adopción tecnológica.

Diversos estudios han identificado factores que obstaculizan o potencian la integración efectiva de tecnologías en contextos escolares. Entre las **barreras más recurrentes**, se destacan la falta de formación continua contextualizada, la escasez de tiempo para experimentar nuevas metodologías, la inexistencia de cultura de colaboración y la percepción de baja utilidad pedagógica de las herramientas disponibles (Ertmer 1999; Claro et al., 2012).

Por el contrario, los **facilitadores clave** incluyen: liderazgo pedagógico distribuido, existencia de comunidades profesionales de aprendizaje, acompañamiento institucional en los procesos de innovación, alineación entre formación y práctica, y presencia de marcos normativos claros que promuevan la adopción tecnológica como parte del proyecto educativo del centro (Fullan, 2015; ISTE, 2022a).

4.4.3.- Cultura digital escolar: liderazgo, colaboración y estructuras organizativas.

La competencia digital docente no puede comprenderse en términos individuales, sino que debe inscribirse en una **cultura digital institucional compartida**, donde el cambio se gestiona de forma participativa, distribuida y orientada a la mejora continua. Esto requiere que los centros desarrollen estructuras organizativas que faciliten la innovación: coordinación TIC efectiva, inclusión del desarrollo digital en los documentos estratégicos, apertura a la colaboración con agentes externos y evaluación sistemática del uso pedagógico de la tecnología (Redecker y Punie, 2017).

El liderazgo digital, ejercido tanto desde la dirección como desde otros perfiles clave (coordinadores TIC, dinamizadores pedagógicos, mentores), resulta fundamental para crear las condiciones organizativas que permitan a los docentes avanzar en su madurez digital profesional (ISTE, 2022a). Esta idea se alinea con la noción de "organización que aprende" (Senge, 2004), donde el conocimiento se genera, comparte y transforma colectivamente.

4.4.4.- Modelos de madurez institucional: DigCompOrg e ISTE.

Para evaluar y planificar el grado de desarrollo digital de un centro educativo, se han propuesto diversos **modelos de madurez organizativa**. Uno de los más relevantes es el **DigCompOrg**, también impulsado por la Comisión Europea, que ofrece una estructura para analizar ocho dimensiones clave: liderazgo, prácticas pedagógicas, desarrollo profesional, contenidos digitales, infraestructura, evaluación, colaboración y gestión del cambio (Kampylis et al., 2015).

En paralelo, los **Estándares ISTE para Líderes Educativos** (ISTE, 2022a) proponen seis áreas de actuación: equidad y ciudadanía digital, visión de transformación, liderazgo compartido, desarrollo de capacidades profesionales, evaluación y mejora continua, y diseño de sistemas de aprendizaje innovadores. Ambos marcos coinciden en destacar que la integración efectiva de la tecnología no depende únicamente de los recursos disponibles, sino de la capacidad institucional para generar entornos pedagógicos coherentes, reflexivos y sostenibles.

Estos modelos resultan especialmente pertinentes en el caso de la robótica educativa, cuya implementación exige una planificación por fases, una dotación equilibrada, una coordinación transversal y una evaluación sistemática. El modelo de integración progresiva propuesto en este TFM se inspira directamente en estas orientaciones, adaptándolas a las características organizativas de los centros de Educación Primaria en la Comunidad de Madrid.

4.4.5.- Estrategias para una transformación sostenible.

La evidencia disponible indica que las iniciativas tecnológicas sostenibles se caracterizan por seguir un enfoque **institucional, iterativo y basado en evidencia** (OCDE, 2021; UNESCO, 2022). Algunas estrategias clave para promover la sostenibilidad del cambio digital en los centros escolares incluyen:

- Establecer **itinerarios formativos personalizados**, alineados con los niveles del Marco de Competencia Digital Docente y adaptados al contexto del centro.
- Crear y consolidar **comunidades profesionales de aprendizaje**, donde el profesorado pueda compartir experiencias, recursos y reflexiones críticas.
- Promover **prácticas de codiseño didáctico**, en las que equipos docentes colaboren en el diseño de unidades didácticas integrando tecnología de forma significativa.
- Incorporar la **evaluación del cambio institucional** mediante indicadores cualitativos y cuantitativos, más allá del uso de dispositivos (por ejemplo, en términos de apropiación pedagógica, impacto en el aprendizaje, transformación curricular).
- Fortalecer el papel de la **dirección escolar como agente de liderazgo pedagógico**, no solo como gestor administrativo.

Este conjunto de estrategias, cuando se aplica de forma articulada, permite avanzar hacia un modelo de centro digitalmente competente, donde la robótica educativa y el pensamiento computacional dejan de ser elementos puntuales y se convierten en ejes vertebradores del proyecto

educativo. En este sentido, la institucionalización del cambio no sólo mejora la calidad del aprendizaje, sino que reduce la desigualdad entre centros, profesionaliza la innovación docente y contribuye a la construcción de una escuela más justa, inclusiva y adaptada a los desafíos del presente.

4.5.- Modelos metodológicos para el desarrollo de competencias clave con tecnología.

La integración efectiva de la robótica educativa y la programación en el currículo de Educación Primaria no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino de su articulación con **modelos metodológicos que favorezcan el desarrollo de competencias clave**. El marco pedagógico debe ir más allá de enfoques transmisivos o tecnocéntricos, orientándose hacia prácticas didácticas activas, inclusivas y significativas. En este apartado se analizan algunos de los modelos metodológicos más relevantes para este fin: el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), los marcos TPACK y SAMR, las estrategias de evaluación competencial mediada por tecnología y los enfoques STEAM interdisciplinarios.

4.5.1.- Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): fundamentos y aplicación con tecnología.

El **ABP** es un enfoque didáctico centrado en el diseño de experiencias de aprendizaje a partir de la resolución de problemas reales, relevantes y complejos. Parte de una pregunta guía y culmina con un producto o solución que es socialmente compartida y evaluada (Bell, 2010). Este modelo promueve la autonomía, el trabajo cooperativo, la autorregulación y el pensamiento crítico, todos ellos componentes fundamentales del perfil competencial definido por la LOMLOE (BOE-A-2020-17264).

Cuando se articula con tecnologías digitales, el ABP permite integrar la programación y la robótica como medios para construir soluciones tecnológicas concretas. Así, por ejemplo, diseñar un sistema de riego automatizado, un dispositivo de alerta sísmica o un prototipo de semáforo inteligente permite aplicar conocimientos de múltiples áreas a través de la robótica. Esta sinergia entre ABP y robótica ha mostrado resultados positivos en términos de motivación, aprendizaje profundo y desarrollo de competencias STEM (English y King, 2015; Ferrada et al., 2020).

4.5.2.- Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): accesibilidad y robótica educativa.

El modelo **DUA**, promovido por CAST (2024), propone un marco para diseñar entornos de aprendizaje accesibles desde el inicio, considerando la variabilidad del alumnado. Se basa en tres

principios: ofrecer múltiples formas de representación, de acción y expresión, y de implicación. Este enfoque resulta particularmente útil para la inclusión de alumnado con necesidades específicas, diversidad cultural o desigualdades de acceso.

La robótica educativa, cuando se diseña conforme a los principios del DUA, puede convertirse en un entorno de aprendizaje altamente accesible, flexible y equitativo. Como plantean Hall et al. (2014), el DUA propone ofrecer múltiples medios de representación, expresión y participación, permitiendo adaptar los recursos a las diversas necesidades del alumnado. En este sentido, los **lenguajes de programación visual por bloques** facilitan el acceso de estudiantes con dificultades lectoras o barreras idiomáticas, al priorizar estructuras gráficas frente a códigos textuales.

Asimismo, las **actividades manipulativas** que combinan interfaces digitales con robótica física resultan especialmente eficaces para promover la comprensión de conceptos abstractos, al trasladar al plano tangible elementos que de otro modo serían puramente simbólicos. Este principio es particularmente útil en el ámbito STEM, donde Basham y Marino (2013) destacan la necesidad de enfoques multisensoriales para lograr una participación significativa.

Por otro lado, la **dimensión colaborativa del diseño robótico**, cuando se implementa con metodologías inclusivas, refuerza la interacción social entre el alumnado. Estudios recientes confirman que estos entornos promueven la co-creación, la cooperación y la comunicación intergrupala, incluso entre estudiantes con distintas capacidades funcionales (Nanou & Karampatzakis, 2022; Ceha et al., 2021).

En conjunto, estas aportaciones muestran que la integración del DUA en contextos de robótica educativa no solo responde a criterios de accesibilidad, sino que se consolida como una estrategia operativa para la equidad pedagógica y la inclusión real.

4.5.3.- Modelos TPACK y SAMR para integración tecnológica curricular.

Para guiar al profesorado en la integración reflexiva de la tecnología en su práctica docente, se han propuesto modelos como **TPACK** (Technological Pedagogical Content Knowledge) y **SAMR** (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition). El modelo TPACK (Mishra y Koehler, 2006) enfatiza la necesidad de integrar equilibradamente el conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar, evitando una visión fragmentada de la enseñanza. Según este modelo, el uso de robótica solo adquiere sentido si responde a objetivos didácticos claros y está adaptado a las características del contenido y del alumnado.

Por su parte, el modelo SAMR (Puentedura, 2015) permite valorar el grado de transformación pedagógica que implica el uso de tecnología. Según esta escala, la mera sustitución de una actividad tradicional por una digital (nivel S) aporta escaso valor, mientras que la redefinición de tareas imposibles sin tecnología (nivel R) indica un uso transformador. Integrar robótica en la creación de soluciones reales, en proyectos interdisciplinares o en procesos de evaluación formativa se situaría en los niveles superiores de este modelo.

4.5.4.- Evaluación competencial mediada por tecnología.

Uno de los retos clave en el desarrollo de competencias clave es la evaluación auténtica, continua y formativa. En este sentido, la tecnología ofrece herramientas valiosas para recoger evidencias de aprendizaje competencial, desde plataformas de portfolio digital hasta rúbricas interactivas y sistemas de retroalimentación automatizada (Panadero et al., 2017).

En el caso de la robótica educativa, la evaluación debe trascender el funcionamiento técnico del artefacto y centrarse en el proceso de diseño, colaboración, toma de decisiones, solución de problemas y reflexión metacognitiva. Diversos autores como Moreno-León et al. (2015) o Santoya-Mendoza et al. (2018) proponen combinar instrumentos como:

- **Rúbricas de evaluación del pensamiento computacional.**
- **Diarios de aprendizaje reflexivo.**
- **Autoevaluaciones y coevaluaciones digitales.**
- **Observación estructurada con criterios competenciales.**

Esta evaluación debe alinearse con los descriptores del perfil de salida definidos por la LOMLOE y los marcos europeos de competencias (Consejo UE, 2018).

4.5.5.- Proyectos STEAM y codiseño de actividades interdisciplinarias.

El enfoque **STEAM** (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) promueve la integración de distintas disciplinas mediante la resolución de retos creativos y tecnológicos. La robótica educativa se inserta de forma natural en este paradigma, al combinar diseño, lógica, estética, expresión y funcionalidad. Diversos estudios han señalado que los proyectos STEAM pueden incrementar la implicación del alumnado y fomentar habilidades cognitivas complejas como el pensamiento crítico (Herro y Quigley, 2017). No obstante, sus efectos en la equidad de género aún requieren mayor investigación empírica sistemática.

El **codiseño docente**, entendido como la planificación conjunta de actividades entre docentes de distintas áreas, potencia la riqueza interdisciplinar de los proyectos con robótica. Esta planificación compartida no solo permite integrar enfoques diversos, sino que también favorece una apropiación más contextualizada y reflexiva de la tecnología por parte del profesorado (Goos, Geiger & Dole, 2014). Además, investigaciones recientes destacan que el trabajo colaborativo entre docentes de distintas disciplinas, al codiseñar propuestas con robótica y contenidos artísticos, genera sinergias institucionales que fortalecen la innovación educativa de forma sostenible (Zalavra et al., 2024).

En síntesis, los modelos metodológicos analizados en este apartado ofrecen marcos sólidos para integrar la robótica y la programación en propuestas pedagógicas que desarrollen competencias clave de forma transversal, equitativa y significativa. Su implementación exige planificación, formación docente, evaluación auténtica y colaboración institucional, elementos que serán recogidos en la propuesta escalonada presentada en el capítulo 6.

4.6.- Vacíos conceptuales, controversias y oportunidades de investigación.

El creciente interés por integrar el pensamiento computacional, la programación y la robótica educativa en el currículo de Educación Primaria ha generado una abundante producción normativa y científica. Sin embargo, esta expansión también ha puesto de manifiesto una serie de vacíos conceptuales, tensiones metodológicas y desigualdades estructurales que merecen ser analizadas críticamente. Lejos de constituir meros obstáculos, estos elementos representan oportunidades valiosas para avanzar hacia modelos más equitativos, sostenibles y pedagógicamente fundamentados. Este apartado explora cinco líneas problemáticas prioritarias: la definición operativa del pensamiento computacional, la brecha entre innovación técnica y estructura organizativa, las desigualdades territoriales, la desconexión entre currículo prescrito y práctica docente, y las direcciones emergentes en la investigación educativa.

4.6.1.- Dificultades en la definición operativa del pensamiento computacional.

Pese a su frecuente mención en la literatura académica y en los documentos curriculares, el **pensamiento computacional** continúa siendo una noción de contornos difusos y múltiples interpretaciones. Desde la formulación inicial de Wing (2006) hasta las definiciones operativas de Grover y Pea (2013) o Brennan y Resnick (2012), se han propuesto distintos marcos que incluyen habilidades como la descomposición, la abstracción, el reconocimiento de patrones o la

programación algorítmica. No obstante, estos enfoques difieren en el énfasis que otorgan a los aspectos técnicos, cognitivos, metacognitivos o epistémicos.

Esta ambigüedad ha generado tensiones tanto en el ámbito curricular como en el diseño de instrumentos de evaluación. Moreno-León et al. (2015) advierten que muchas herramientas se centran en analizar los productos (por ejemplo, proyectos en Scratch) sin atender suficientemente a los procesos de pensamiento que los generan. Además, existe una tendencia a simplificar el pensamiento computacional como sinónimo de codificación, lo cual limita su potencial transversal y su aplicabilidad a contextos no tecnológicos.

4.6.2.- Brecha entre innovación técnica y estructura organizativa.

Aunque la investigación sobre robótica educativa ha crecido, gran parte se ha centrado únicamente en un uso instrumental dentro del currículo STEM, sin considerar los contextos institucionales o sociales subyacentes. Jung y Won (2018) señalan que existe una tendencia a limitar los estudios a los resultados medibles, y reclaman una revisión de las agendas de investigación para incorporar perspectivas más inclusivas y sensibles a la diversidad de estudiantes, así como a los contextos culturales y organizativos. **Este enfoque parcial puede favorecer que las iniciativas robóticas se mantengan al margen del proyecto educativo institucional** y no logren un impacto real y sostenible.

Esta brecha organizativa tiene múltiples causas: ausencia de formación docente en modelos metodológicos activos, falta de liderazgo distribuido, escasa coordinación entre equipos educativos y carencia de mecanismos de evaluación institucional del cambio. En consecuencia, la robótica educativa corre el riesgo de convertirse en una innovación efímera, descontextualizada o elitista, en lugar de constituir un eje estructural del proyecto educativo de centro. Este TFM aborda precisamente esta limitación proponiendo una estrategia de institucionalización escalonada y progresiva.

4.6.3.- Desigualdades territoriales y de contexto en la implementación.

Diversas investigaciones han evidenciado **importantes desigualdades en el acceso, uso y apropiación pedagógica de las tecnologías educativas** en función del contexto socioeconómico y organizativo (OCDE, 2021). Estas brechas no se limitan a la infraestructura, sino que se reflejan en la calidad de las experiencias de aprendizaje e incluso en el desarrollo de competencias digitales

avanzadas. En Chile, el estudio de Claro et al. (2012) muestra diferencias en habilidades TIC, si bien el análisis no profundiza en el impacto del contexto socioeconómico en el uso educativo.

En el caso específico de la Comunidad de Madrid, la implantación del Programa Código Escuela 4.0 debe atender a estas desigualdades estructurales mediante mecanismos de acompañamiento, financiación equitativa y formación situada. La propuesta del presente TFM contempla estos factores mediante un modelo adaptable a contextos diversos, escalable y con indicadores de progreso ajustados a cada realidad institucional.

4.6.4.- Desconexión entre prescripción curricular y práctica docente.

Numerosos estudios muestran que la robótica educativa se implementa de forma anecdótica, dependiente de proyectos externos o actividades extracurriculares, sin una planificación sistemática ni una integración curricular real (Silva et al., 2024). Aunque los documentos oficiales incluyen el pensamiento computacional como contenido transversal, muchos docentes no disponen de marcos claros para su aplicación didáctica, lo que genera incertidumbre, apropiaciones superficiales o resistencias.

Esta disociación se agrava por la falta de tiempo en el horario lectivo, la rigidez de las programaciones, la presión de los estándares de evaluación tradicionales y la ausencia de recursos adaptados. Superar esta desconexión exige un enfoque institucional que vincule el desarrollo profesional docente con los proyectos de centro, el uso curricular de la tecnología con los perfiles de salida definidos por la LOMLOE y la evaluación competencial con evidencias contextualizadas (ISTE, 2022a; LOMLOE, 2020; INTEF, 2022).

4.6.5.- Líneas futuras de investigación: institucionalización, sostenibilidad y evaluación.

Frente a estos retos, se abren múltiples **líneas de investigación emergentes** que pueden contribuir a consolidar la robótica educativa como instrumento transformador. Entre ellas destacan:

- El estudio de **modelos de institucionalización progresiva**, que analicen cómo los centros integran la robótica en sus estructuras, documentos y culturas organizativas.
- La **evaluación longitudinal de proyectos tecnológicos sostenibles**, atendiendo a variables como equidad, impacto competencial, transferencia metodológica y profesionalización docente.

- La investigación sobre **diseños formativos efectivos** para el desarrollo de la competencia digital docente, en línea con DigCompEdu y el Marco INTEF.
- El análisis de **experiencias inclusivas de robótica**, que consideren género, diversidad funcional, contextos rurales y colectivos vulnerables.
- La construcción de **instrumentos de evaluación del pensamiento computacional** que combinen análisis de productos, observación de procesos, autorreflexión y coevaluación.

Estas líneas no solo permiten mejorar la implementación técnica y pedagógica de la robótica educativa, sino que abren la posibilidad de formular políticas públicas más coherentes, inclusivas y basadas en evidencia.

En conclusión, el panorama actual ofrece tanto obstáculos como oportunidades para el desarrollo estructural del pensamiento computacional en el sistema educativo. La propuesta de este TFM se posiciona como respuesta institucional a estos vacíos y controversias, articulando un modelo de cambio educativo sostenido, evaluable y escalable, en consonancia con las directrices normativas vigentes y las tendencias internacionales más rigurosas en innovación educativa.

5.- Proyecto de innovación: Estrategia escalonada para la institucionalización de la robótica educativa.

La presente propuesta de innovación didáctica se fundamenta en la incorporación sistemática de la programación y la robótica educativa en Educación Primaria, mediante una estrategia escalonada adaptada al contexto del Programa Código Escuela 4.0 en la Comunidad de Madrid. El objetivo es favorecer una integración pedagógica sostenible, progresiva y contextualizada, articulando recursos tecnológicos específicos con competencias clave del perfil de salida establecido por la LOMLOE. El proyecto se estructura en fases sucesivas que contemplan el uso gradual de tecnologías accesibles, desde actividades desenchufadas hasta sistemas programables complejos, con un enfoque metodológico basado en el aprendizaje activo, el pensamiento computacional y la transversalidad curricular.

5.1.- Descripción del centro y muestra.

Este apartado describe un centro tipo de Educación Primaria en la Comunidad de Madrid, construido como modelo representativo para contextualizar la aplicación progresiva de la propuesta innovadora.

5.1.1.- Marco territorial: Comunidad de Madrid y contexto de digitalización autonómica.

El proyecto se sitúa en el marco territorial de la Comunidad de Madrid, región con alta densidad de centros educativos públicos y concertados, diversidad sociocultural significativa y un plan autonómico consolidado de transformación digital. Este contexto resulta propicio para la implementación de una estrategia escalonada de integración tecnológica, al coexistir centros en distintas fases de madurez digital. La heterogeneidad territorial permite diseñar un modelo adaptable y replicable.

5.1.2.- Características del centro tipo.

El centro tipo sobre el que se estructura esta propuesta corresponde a una escuela pública de Educación Primaria de dos líneas (dos grupos por nivel), con una matrícula aproximada de 450 alumnos, situada en un entorno urbano periférico de la Comunidad de Madrid. Dispone de una infraestructura digital básica -aula de informática, con ordenadores, proyectores y conectividad estable-, aunque carece de una estrategia institucionalizada para la integración pedagógica de tecnologías emergentes. El claustro se caracteriza por una plantilla con diversidad generacional,

niveles dispares de competencia digital docente y experiencia limitada en programación y robótica educativa, conforme al Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente (INTEF, 2022).

5.1.3.- Niveles educativos implicados y muestra de agentes escolares.

La propuesta se aplica de forma transversal a toda la etapa de Educación Primaria, conforme a los principios de continuidad curricular establecidos en el Real Decreto 157/2022 y el Decreto 61/2022 de la Comunidad de Madrid. La muestra está compuesta por un equipo docente multidisciplinar que incluye tutores de los seis niveles, especialistas en Educación Física, Ciencias Naturales y Educación Artística, así como miembros del equipo directivo y la coordinación TIC. Se incorporan además agentes clave del ecosistema escolar, como el profesional de orientación educativa, representantes del consejo escolar y posibles colaboradores externos vinculados a la formación en competencia digital docente.

5.2.- Finalidad.

Este apartado define la finalidad estructural de la propuesta, tanto en términos estratégicos como operativos. Se presenta un objetivo general que orienta el proceso de institucionalización de la robótica educativa, acompañado de objetivos específicos clasificados en tres dimensiones clave: pedagógica, tecnológica y organizativa.

5.2.1.- Objetivo general del modelo institucional.

El objetivo general de esta propuesta es establecer un modelo institucionalizado para la **incorporación progresiva, sistemática y sostenible del pensamiento computacional y la robótica educativa** en los centros de Educación Primaria de la Comunidad de Madrid. Este modelo busca trascender las prácticas puntuales, extracurriculares o dependientes de iniciativas individuales, para ser integrado de forma estable en los documentos programáticos del centro (PEC, PGA, Programaciones de aula) y en la cultura pedagógica del claustro. La finalidad última es consolidar una estrategia de innovación educativa alineada con el currículo competencial vigente y con los principios del Programa Código Escuela 4.0, en consonancia con el marco normativo vigente (véase **Anexo 2**).

5.2.2.- Objetivos específicos por dimensión.

Desde una perspectiva operativa, los objetivos de la propuesta se organizan en tres dimensiones complementarias que estructuran la intervención (véanse **Anexos 1 y 2**).

- **Dimensión pedagógica:** Incorporar la programación y la robótica educativa en situaciones de aprendizaje significativas, integradas curricularmente y alineadas con el desarrollo de las competencias clave del perfil de salida del alumnado, mediante metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el enfoque STEAM.
- **Dimensión tecnológica:** Garantizar la disponibilidad y funcionalidad de la infraestructura digital necesaria para la implementación del modelo, así como la formación básica del profesorado en el uso de las herramientas incluidas en la dotación (micro:bit, Nezha, Crumble, True True, ART2BIT, etc.).
- **Dimensión organizativa:** Fomentar dinámicas de colaboración profesional y liderazgo distribuido, estableciendo estructuras internas estables (comisiones, equipos impulsores) y procedimientos de evaluación continua para consolidar una cultura institucional de innovación tecnológica sostenible.

5.2.3.- Alineación con el Programa Código Escuela 4.0, LOMLOE y Recomendación UE 2018.

Esta propuesta se fundamenta en una triple alineación normativa. En primer lugar, se adscribe al **Programa Código Escuela 4.0**, impulsado por el MEFP y recogido en las **Instrucciones de inicio de curso 2024/2025** en la Comunidad de Madrid, que promueve la integración de la robótica con dotación y formación específicas. En segundo lugar, se articula con la **LOMLOE** y el **Real Decreto 157/2022**, que definen un currículo por competencias con especial atención al pensamiento computacional. Finalmente, se incorpora el marco europeo establecido en la **Recomendación del Consejo de la UE (2018)** sobre las competencias clave, que legitima esta propuesta desde una perspectiva transnacional (véase **Anexo 2**).

5.3.- Fases o etapas del proyecto.

La institucionalización de la robótica educativa en los centros escolares requiere una planificación estructurada, progresiva y realista, que contemple tanto los tiempos pedagógicos como los condicionantes organizativos del contexto escolar. Este apartado describe un modelo de implementación por niveles de madurez, articulado en tres fases escalonadas: iniciación, consolidación e institucionalización. Cada etapa incluye acciones clave, condiciones de transición y estrategias de sostenibilidad, orientadas a facilitar el cambio educativo desde una lógica sistémica. Esta planificación permite adaptar el modelo a distintos puntos de partida institucional y garantizar su viabilidad en el marco del Programa Código Escuela 4.0.

5.3.1.- Modelo de integración progresiva en tres niveles.

El presente modelo propone una estrategia de implementación gradual basada en niveles de madurez institucional, con el objetivo de facilitar una transición ordenada desde prácticas iniciales de introducción a la robótica educativa hasta su consolidación como parte estructural de la cultura pedagógica del centro. Esta estructura responde tanto a criterios de viabilidad organizativa como a principios de desarrollo profesional docente y progresión curricular. Asimismo, se alinea con los principios operativos del **Programa Código Escuela 4.0**, que promueve una incorporación adaptativa y sostenible del pensamiento computacional en los centros educativos (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2023).

El modelo se articula en **tres niveles secuenciales** que representan distintos estadios de desarrollo institucional: **Nivel 1. Iniciación**, **Nivel 2. Consolidación** y **Nivel 3. Institucionalización**. Cada uno de ellos implica un conjunto de acciones metodológicas, formativas y organizativas que permiten avanzar desde un punto de partida incipiente hacia una integración estructural y sostenible. Esta secuencia no responde únicamente a una lógica cronológica, sino también a una progresión en la complejidad pedagógica y en el grado de institucionalización del cambio.

a) Nivel 1. Iniciación

Este primer nivel representa el punto de entrada del centro en el proceso. Se caracteriza por la realización de **experiencias piloto** en cursos concretos (preferentemente 1.º y 2.º ciclo), con tecnologías accesibles y de alta usabilidad como **True True**, **Scratch Jr.**, **Makey Makey** o actividades desenchufadas. Su finalidad es generar interés, identificar potenciales líderes pedagógicos y explorar el encaje curricular de la robótica.

En paralelo, se recomienda crear un **equipo impulsor docente** encargado de coordinar las primeras acciones, recoger evidencias y canalizar propuestas. Los logros esperables son:

- Formación inicial del profesorado.
- Inclusión de actividades robóticas puntuales.
- Primeras referencias en programaciones didácticas.
- Detección de barreras técnicas o metodológicas.

b) Nivel 2. Consolidación

Implica una **expansión planificada** del modelo a todos los cursos de Primaria, con especial atención al segundo y tercer ciclo. Se incorporan recursos como **micro:bit**, **Nezha v2**, **Crumble** y **ART2BIT**, y se diseñan situaciones de aprendizaje interdisciplinarias vinculadas a las competencias clave.

Se potencia el uso de metodologías como el **ABP**, el enfoque **STEAM** o la **gamificación**, y se consolidan estructuras de liderazgo pedagógico distribuido. En esta etapa, la robótica pasa a formar parte de la planificación formal del centro (PGA, Programaciones).

Logros clave:

- Cobertura completa de niveles.
- Coherencia curricular con el perfil de salida.
- Creación de materiales propios.
- Formación intermedia y trabajo en red.

c) Nivel 3. Institucionalización

Representa la madurez del proceso. La robótica se integra en los documentos estructurales del centro (**PEC**) y se incorpora a su cultura organizativa. Se diseña un **plan estratégico propio** vinculado a prioridades locales, con líneas de evaluación, formación y mejora continua.

A nivel técnico, se incorporan mecanismos de:

- Actualización de materiales.
- Alineación entre MRCDD y prácticas docentes.
- Evaluación competencial con instrumentos específicos.
- Inclusión de la robótica en planes de formación interna.

Este modelo permite adaptar el proceso a diferentes contextos escolares, favoreciendo su sostenibilidad y escalabilidad. Véase **Anexo 2** para el marco normativo referenciado.

5.3.2.- Escenarios de transición entre niveles y estrategias de escalado.

La institucionalización de la robótica educativa requiere algo más que definir niveles de desarrollo: implica establecer **escenarios que legitimen el paso entre fases y estrategias que**

posibiliten dicho tránsito de forma planificada y sostenible. Lejos de aplicar una lógica tecnocrática, el modelo se apoya en una mirada contextualizada que atiende a los ritmos, capacidades y trayectorias propias de cada comunidad educativa.

Cada nivel del modelo (Iniciación, Consolidación e Institucionalización) exige el cumplimiento de ciertos **indicadores orientativos de madurez**. Así, la transición desde el nivel inicial se ve favorecida cuando el equipo impulsor ha adquirido competencias básicas, se han desarrollado al menos dos experiencias piloto con tecnologías accesibles (como True True o Scratch Jr.), y dichas prácticas comienzan a reflejarse en la PGA. No se trata de formalismos, sino de constatar una **disposición colectiva al cambio**.

Una vez afianzada esta base, el escalado debe realizarse desde una **estrategia deliberada**, no por inercia. En este sentido, se proponen tres líneas clave:

- La **replicación adaptativa**, extendiendo prácticas efectivas a otros niveles con los ajustes pedagógicos necesarios.
- El **liderazgo pedagógico compartido**, para evitar la dependencia de figuras individuales.
- Y la **evaluación formativa institucional**, como instrumento de reflexión y mejora continua.

Estas estrategias deben ser entendidas como procesos complementarios. Su articulación progresiva es la que permite avanzar sin fracturas internas ni retrocesos operativos.

Finalmente, es importante asumir que **no todos los centros avanzarán al mismo ritmo**. Por ello, el modelo se concibe como escalable y flexible, siempre que exista acompañamiento técnico y liderazgo distribuido.

Véase **Anexo 2** para el marco normativo aplicable y el **Anexo 3** para la planificación temporal.

5.3.3.- Indicadores de madurez institucional por etapa.

La integración progresiva de la robótica educativa en los centros requiere herramientas que permitan valorar con objetividad y realismo el grado de avance alcanzado. En este sentido, se proponen **indicadores de madurez institucional** diferenciados por etapa, entendidos no como exigencias estandarizadas, sino como **referencias orientativas y adaptables** al contexto de cada escuela.

Su función es triple: diagnosticar el punto de partida, visibilizar las transformaciones logradas y acompañar los procesos de mejora interna. Lejos de buscar una evaluación sancionadora, estos indicadores se conciben como instrumentos que favorecen la toma de decisiones informadas, la reflexión pedagógica y la planificación compartida.

Cada etapa del modelo -Iniciación, Consolidación e Institucionalización- activa diferentes tipos de evidencias, organizadas en torno a dimensiones clave: pedagógica, organizativa, tecnológica, curricular y evaluativa. Así, por ejemplo, mientras que en el nivel inicial se valoran la existencia de un equipo impulsor y las primeras experiencias piloto, en el nivel más avanzado se atiende a la autonomía estratégica del centro, su liderazgo distribuido o la sistematización de buenas prácticas.

Todos los indicadores han sido sistematizados en el **Anexo 4**, lo que permite su consulta directa, su posible uso como instrumento de autoevaluación institucional y su aplicación flexible en procesos de seguimiento o acompañamiento externo.

5.4.- Recursos materiales y humanos.

La incorporación sistemática de la robótica educativa en el marco del programa Código Escuela 4.0 exige una **planificación detallada de los recursos disponibles**. Este apartado presenta los elementos tecnológicos y humanos necesarios para asegurar una implementación efectiva, progresiva y sostenible del modelo. Se abordarán los dispositivos, kits y plataformas digitales incluidos en la dotación, así como los perfiles profesionales implicados en su desarrollo pedagógico. Desde un enfoque integrador, se entiende que la tecnología y los agentes escolares deben articularse de forma coordinada para favorecer experiencias educativas significativas y contextualizadas.

5.4.1.- Infraestructura y tecnología necesarias por nivel.

La planificación tecnológica que sustenta esta propuesta sigue un criterio de progresión pedagógica ajustada al desarrollo cognitivo del alumnado. La secuenciación de recursos por ciclos permite garantizar un aprendizaje escalonado, alineado con los principios del Programa Código Escuela 4.0 y con la disponibilidad real de la dotación adquirida por licitación pública en la Comunidad de Madrid. La relación detallada de dispositivos y su uso por niveles figura en el **Anexo 5**, mientras que el **Anexo 6** recoge el contenido técnico completo de cada kit.

a) Primer ciclo (1.º y 2.º de Primaria)

Durante esta etapa inicial, el objetivo principal es iniciar al alumnado en el pensamiento computacional de manera accesible, manipulativa y sin pantallas. Se emplean recursos como el robot **True True**, el juego de cartas **Cody & Roby** y **actividades desenchufadas**, orientados a la lateralidad, la secuenciación y la lógica básica. El entorno digital se introduce de forma limitada con **Scratch Jr**, que se trabaja exclusivamente con tabletas. Finalizado este ciclo, Scratch Jr deja de utilizarse, pero los demás recursos se mantienen como apoyo transversal.

b) Segundo ciclo (3.º y 4.º de Primaria)

En este tramo se incorpora una infraestructura basada en robótica física y programación por bloques. Se utilizan la placa **micro:bit**, el kit **Nezha v2**, el controlador **Crumble**, el sistema interactivo **Makey Makey** y el kit **STEAM ART2BIT**. Las actividades de programación se realizan en los **ordenadores del aula de informática**, utilizando los entornos MakeCode, Scratch y Crumble software. Estos dispositivos permiten al alumnado crear algoritmos funcionales con sensores y actuar sobre el entorno físico de forma significativa.

c) Tercer ciclo (5.º y 6.º de Primaria)

En la etapa final de Primaria se consolida el ecosistema del segundo ciclo y se amplía con el **Kit de Robótica Creativa para micro:bit**, que facilita el diseño estructural, el ensamblaje de prototipos y la integración de servos, motores y sensores complejos. Las sesiones se desarrollan igualmente en el aula de informática, aplicando conocimientos de programación en proyectos interdisciplinarios con orientación STEAM.

5.4.2.- Roles profesionales y perfiles clave.

Una propuesta de robótica educativa que aspire a integrarse en la vida del centro debe apoyarse en un equipo diverso, donde cada perfil profesional asuma una función específica. El éxito del modelo depende, en gran medida, de esta red de responsabilidades compartidas.

Desde la parte organizativa, el equipo directivo tiene un papel determinante. La dirección impulsa el proyecto desde su dimensión institucional y la jefatura de estudios garantiza que el calendario, los horarios y las reuniones de coordinación lo contemplen como una línea de actuación estable. La figura de coordinación TIC, además de ocuparse de los aspectos técnicos, puede facilitar que la dotación tecnológica esté disponible y bien aprovechada.

En lo pedagógico, el proyecto necesita de la colaboración de todo el claustro. No se trata únicamente de las áreas científicas. Lengua, Inglés, Educación Artística, Música o Educación Física pueden incorporar elementos de pensamiento computacional o robótica a sus propuestas, especialmente si se trabaja con metodologías abiertas. Los tutores, en este escenario, funcionan como punto de conexión entre áreas y niveles.

También es fundamental tener presentes los perfiles de apoyo a la diversidad. El profesorado de Pedagogía Terapéutica y de Audición y Lenguaje aporta recursos para adaptar las actividades a las necesidades del alumnado, favoreciendo su participación real. El orientador o la orientadora del centro puede acompañar esta tarea, contribuyendo a que las propuestas respeten los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje.

Por último, conviene contar con un pequeño grupo de docentes que actúe como equipo motor, impulsando la formación interna, recogiendo buenas prácticas y acompañando al resto del profesorado. En momentos concretos, también podría considerarse la colaboración de agentes externos.

Los perfiles implicados y sus funciones se detallan en el **Anexo 7**.

5.4.3.- Redes de apoyo: colaboración intercentros, servicios externos, formación distribuida.

Para que una propuesta de robótica educativa arraigue en el centro y se mantenga en el tiempo, no basta con disponer de recursos materiales. Es igualmente importante contar con **redes de apoyo** que acompañen a los docentes, generen comunidad y ofrezcan soluciones a los desafíos que puedan surgir.

Una vía clave es la **colaboración entre centros educativos** que participan en el mismo programa. Compartir materiales, buenas prácticas o incluso espacios de formación permite avanzar más rápido y con menos incertidumbre. En muchas ocasiones, basta con intercambiar una secuencia didáctica o conversar con quien ya ha superado una dificultad concreta.

El papel del **CTIF**, como entidad de formación del profesorado en Madrid, resulta especialmente valioso. A través de sus formaciones específicas y asesoramientos, se crean oportunidades reales para aprender, preguntar y mejorar. Estas acciones tienen un efecto multiplicador dentro del claustro.

Los **proveedores tecnológicos** que han suministrado los kits también pueden actuar como aliados. Su conocimiento sobre el material y sus propuestas didácticas pueden facilitar la puesta en marcha inicial del proyecto, especialmente cuando el profesorado no tiene formación previa.

Además, hay organizaciones como **Cibervoluntarios** que ofrecen apoyo puntual, por ejemplo, para acompañar a alumnado con menor acceso digital o en talleres abiertos a la comunidad.

Por otro lado, el trabajo en equipo dentro del propio centro cobra especial importancia. Si algunos docentes se forman primero y luego comparten lo aprendido con sus compañeros, el proceso se hace más llevadero y colectivo.

Finalmente, merece la pena aprovechar plataformas educativas accesibles como **Hour of Code**, **Code.org**, **eTwinning**, **INTEF**, **Scientix**, **ScratchEd** o **Escornabot**. Todas ellas facilitan materiales, formación o contactos con otros docentes.

Estas redes no solo apoyan técnicamente: ayudan a crear una cultura educativa en la que la tecnología no se percibe como una carga, sino como una oportunidad compartida.

5.4.4.- Protocolos de uso, almacenamiento y gestión de la dotación.

Disponer de recursos tecnológicos no garantiza su aprovechamiento real si no se acompaña de un sistema de gestión que facilite su uso compartido y prolongue su vida útil. Por este motivo, es importante que el centro acuerde ciertos procedimientos que permitan organizar la dotación y asegurar que todos los grupos tengan acceso a ella.

Una de las primeras medidas que suele resultar útil es llevar un registro de uso, donde se anote qué material se ha empleado, quién lo ha utilizado y en qué condiciones se devuelve. Este tipo de control no pretende fiscalizar, sino facilitar la planificación y evitar malentendidos entre equipos.

También conviene reservar un espacio común de almacenamiento, accesible, visible y con una organización clara. No se trata solo de guardar los kits, sino de que cualquier docente pueda localizarlos con rapidez y devolverlos en condiciones adecuadas. Este lugar, preferiblemente dividido por ciclos, puede ser supervisado por la coordinación TIC o por el propio equipo impulsor.

Además, resulta recomendable realizar un recuento bimensual, que permita detectar si faltan piezas, si algún componente necesita ser sustituido o si conviene reorganizar su distribución. Esta revisión puede vincularse al seguimiento del proyecto y a la memoria anual del centro.

Por último, antes de incorporar cualquier kit al aula, se considerará imprescindible que el profesorado implicado haya recibido una formación básica previa, ya sea a través del CTIF, de una entidad colaboradora o de compañeros con más experiencia. Esto no solo garantiza un uso seguro, sino que da sentido pedagógico al recurso desde el primer momento.

5.5.- Metodología.

Todo proceso de innovación educativa requiere una base metodológica sólida que oriente sus acciones y dé coherencia al modelo que se desea institucionalizar. En este caso, el enfoque adoptado combina tres pilares interrelacionados: la implementación progresiva del aprendizaje basado en proyectos como vía para integrar la robótica en situaciones reales de aula; la orientación competencial, que vincula el uso de tecnologías educativas con el desarrollo de aprendizajes significativos; y la promoción de un liderazgo distribuido que permita que el cambio no dependa de figuras individuales, sino de una comunidad docente cohesionada. Esta perspectiva se complementa con un modelo de cambio sistémico, adaptado a las dinámicas de los centros públicos de Primaria, y con estrategias de formación situada que parten de la práctica docente real. En los subapartados siguientes se detallan estos fundamentos, su articulación operativa y su función dentro del proceso de institucionalización.

5.5.1.- Fundamentos metodológicos: ABP institucionalizado, enfoque competencial, liderazgo distribuido.

La propuesta metodológica que sustenta este modelo de institucionalización de la robótica educativa parte de una lógica integradora que articula tres dimensiones interdependientes: el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el enfoque competencial como horizonte de desarrollo y el liderazgo distribuido como estrategia organizativa. Este entramado metodológico responde no solo a criterios de eficacia pedagógica, sino también a la necesidad de dotar de coherencia y sostenibilidad al proceso de innovación.

En primer lugar, el ABP se adopta como vía privilegiada para incorporar la robótica a situaciones de aprendizaje con sentido, superando su uso anecdótico o desvinculado del currículo. Se parte de una visión institucional del ABP, entendida como cultura pedagógica compartida que promueve la resolución colaborativa de retos reales, la interdisciplinariedad y la evaluación formativa (Boss y Larmer, 2018). Los kits y entornos tecnológicos se integran, así, en proyectos de aula que exigen planificación, diseño, programación y mejora de prototipos, adaptados a cada nivel educativo.

Desde un enfoque competencial, la intervención se alinea con las competencias clave definidas en el perfil de salida del alumnado (Real Decreto 157/2022) y con las recomendaciones europeas en materia de aprendizaje permanente (Consejo de la UE, 2018). En este marco, la robótica actúa como palanca para desarrollar no solo la competencia digital (CC5), sino también otras como la matemática y científica (CC2), la de aprender a aprender (CC6) o la ciudadanía activa (CC7), entre otras. Esta alineación puede consultarse en el **Anexo 1**, donde se recoge la relación entre objetivos, dimensión y competencias.

Con el fin de garantizar la participación de todo el alumnado, se integran los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), como marco para diseñar experiencias accesibles, motivadoras y adaptables. Bülbül (2018) destaca el valor del DUA en contextos de robótica educativa como vía para minimizar barreras y maximizar oportunidades de aprendizaje. De forma complementaria, Rodríguez Lera (2025) propone un modelo centrado en interfaces explicables y simbólicas que favorece la inclusión de estudiantes con perfiles diversos en la interacción con tecnologías emergentes.

Finalmente, el proyecto asume un modelo de liderazgo distribuido que implica la creación de estructuras internas estables, como equipos impulsores, referentes TIC por ciclo y coordinación entre áreas. Este enfoque organizativo permite extender el compromiso más allá de iniciativas individuales, favoreciendo la construcción de una cultura docente innovadora y compartida (Harris, 2009), alineada con los principios del Programa Código Escuela 4.0.

5.5.2.- Modelo de cambio sistémico en organizaciones escolares.

La institucionalización de la robótica educativa no puede plantearse como una suma de intervenciones puntuales o dependientes de motivaciones individuales. Para que este tipo de innovación adquiera estabilidad y continuidad, es necesario comprender el centro educativo como un sistema dinámico, donde cualquier cambio significativo debe integrar de forma coherente aspectos pedagógicos, organizativos y tecnológicos.

Desde esta lógica, se adopta un modelo de **cambio sistémico**, entendido como un proceso de transformación cultural que afecta al conjunto de prácticas, estructuras y valores del centro. Fullan (2005) subraya que los cambios sostenibles son aquellos que inciden en las creencias compartidas, se apoyan en liderazgos distribuidos y generan una visión común sobre el aprendizaje. En esta misma línea, Murillo (2004) sostiene que las dinámicas de mejora escolar más eficaces surgen cuando el profesorado y los equipos directivos lideran internamente el cambio, integrando las

transformaciones en los procesos organizativos del centro y alejándose de la dependencia de soluciones externas predefinidas.

El modelo aquí propuesto se articula a través de tres ejes simultáneos. En el plano pedagógico, se promueve la integración de la robótica en proyectos curriculares reales. En lo organizativo, se refuerzan equipos docentes con funciones claras. Y en el plano técnico, se asegura el acceso equitativo a los recursos. Todo ello bajo una lógica de iteración contextualizada, donde cada centro define su propio ritmo de implementación (ver 5.6).

Este enfoque es coherente con la autonomía organizativa reconocida por la LOMLOE (art. 120) y operativizada en el Real Decreto 157/2022, que legitima la capacidad de los centros para adaptar los programas innovadores a su realidad. Como advierte la OCDE (2015), el éxito de los procesos de innovación no depende solo de la tecnología incorporada, sino del modo en que ésta se inserta en una visión pedagógica sostenida por la comunidad educativa.

5.5.3.- Instrumentos de formación situada y comunidades de práctica docentes.

La consolidación de un modelo institucional de robótica educativa exige, además de recursos y liderazgo, una estrategia formativa que acompañe al profesorado desde su realidad cotidiana. En este sentido, se opta por una propuesta de **formación situada**, que parte de las necesidades detectadas en el aula y promueve un aprendizaje profesional práctico, reflexivo y colaborativo.

La formación se plantea en torno a **retos reales del aula**, resueltos colectivamente, con sesiones breves pero recurrentes. Se fomentará la **codocencia**, la observación entre iguales y el análisis compartido de experiencias. Herramientas como el diario reflexivo, las rúbricas colaborativas y la autoevaluación con base en el Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente (MEFPD, 2022) completan este dispositivo formativo, con un enfoque práctico y progresivo.

Complementariamente, se promoverá la consolidación de **comunidades de práctica** entre docentes, entendidas como redes de aprendizaje horizontal y sostenido (Wenger, 1998). Estas pueden estructurarse dentro del centro por ciclos o áreas, o bien articularse con redes externas como ScratchEd, eTwinning, Hour of Code o Scientix. Más que nuevas estructuras, se trata de aprovechar los espacios ya existentes del claustro para generar reflexión compartida, exploración conjunta de materiales y seguimiento de avances.

Esta propuesta se encuentra alineada con el desarrollo profesional docente recogido en la LOMLOE (art. 105) y con las directrices del Programa Código Escuela 4.0, que reconocen la formación entre iguales como condición para una innovación sostenible.

5.6.- Temporalización.

Toda propuesta de innovación institucional requiere una planificación temporal realista y sostenible que combine orientación estratégica con capacidad de adaptación. En este caso, la implementación del modelo de robótica educativa se articula en tres fases claramente diferenciadas: una etapa inicial de diagnóstico, una segunda centrada en el desarrollo progresivo y una tercera orientada a la consolidación de las prácticas. Esta secuencia no responde a una lógica cerrada, sino que permite a cada centro ajustar su ritmo de avance según su contexto organizativo, los recursos disponibles y la madurez de su claustro. Por ello, además de delimitar los tiempos generales del proyecto, este apartado propone hitos anuales, mecanismos de retroalimentación y espacios de revisión compartida. La temporalización no se concibe aquí como una sucesión de tareas calendarizadas, sino como una herramienta pedagógica que acompaña el cambio institucional y lo convierte en proceso vivo, dialogado y evaluable en comunidad.

5.6.1. Fases de implementación: diagnóstico, desarrollo, consolidación (3 años).

El presente proyecto de innovación contempla una temporalización distribuida en tres cursos escolares, cada uno con funciones específicas que articulan una progresión desde el diagnóstico inicial hasta la institucionalización plena del modelo. Esta secuencia responde a una lógica sistémica, coherente con el enfoque por competencias, el liderazgo distribuido y la formación situada, ya desarrollados en apartados anteriores. Además, permite adecuarse al contexto de cada centro, promoviendo una implementación flexible pero estructurada. Para visualizar la planificación general, se remite al **Anexo 3**, donde se presenta el cronograma de institucionalización por fases.

Durante el **primer año (Diagnóstico e iniciación)**, el objetivo principal será analizar el punto de partida del centro. Para ello, se aplicarán instrumentos de autoevaluación vinculados al MRCDD y se organizarán sesiones de sensibilización que sitúen al claustro en los principios del pensamiento computacional y la robótica educativa. De manera paralela, se constituirá el equipo impulsor, que asumirá funciones de coordinación, dinamización interna y acompañamiento entre iguales. A nivel didáctico, se diseñarán experiencias piloto en al menos un nivel por ciclo, con seguimiento formativo. Es importante señalar que, durante este curso, se completará la dotación de todos los kits y dispositivos contemplados en el Programa Código Escuela 4.0, conforme a las resoluciones

oficiales (MEFP, 2023; MEFPD, 2024). Esta infraestructura permitirá iniciar procesos reales de programación y robótica desde las primeras etapas.

El **segundo año (Consolidación)** estará enfocado en extender progresivamente el uso de estos recursos a todos los ciclos de Primaria. Se desarrollarán unidades didácticas competenciales en distintas áreas, combinando ABP, enfoque STEAM y DUA. A nivel organizativo, se consolidarán comunidades de práctica docentes, estructuradas por niveles o especialidades, con sesiones periódicas de codiseño. La revisión de programaciones de aula, la documentación de experiencias y la implementación de rúbricas de observación permitirán una mejora continua basada en evidencias. Asimismo, se reforzarán los referentes TIC y la coordinación vertical del claustro.

El **tercer año (Institucionalización)** tendrá como finalidad integrar formalmente el modelo en los documentos estructurales del centro. Se incorporarán referencias explícitas a esta línea de innovación en el Proyecto Educativo de Centro (PEC), en la PGA y en las programaciones didácticas. Además, se diseñarán protocolos para garantizar la formación del profesorado de nueva incorporación, y se promoverá la difusión de buenas prácticas mediante redes como eTwinning o Scientix. La evaluación final del proceso, con participación del claustro y órganos colegiados, dará lugar a un plan de mejora trianual ajustado a la realidad del centro.

5.6.2.- Ritmo de implementación por centro: adaptabilidad y autonomía contextual.

Aunque el modelo de implementación se estructura en tres fases anuales, su aplicación no debe interpretarse como una pauta uniforme. Cada centro educativo presenta un punto de partida distinto, tanto en lo relativo a sus recursos como en su madurez digital, experiencia metodológica o cohesión organizativa. Por ello, resulta esencial respetar la **autonomía contextual** que permite a cada comunidad escolar adaptar el ritmo de incorporación de la robótica educativa a sus propias condiciones.

Este principio se fundamenta en el artículo 120 de la LOMLOE, que reconoce a los centros la capacidad de desarrollar proyectos pedagógicos propios, ajustados a sus necesidades y posibilidades. Así mismo, el Programa Código Escuela 4.0 plantea la implementación como un proceso escalonado, sensible a la diversidad institucional.

De este modo, el ritmo de avance podrá ser más rápido en aquellos centros con experiencia previa o equipos técnicos consolidados, mientras que otros necesitarán un periodo más extenso de sensibilización y acompañamiento. Lo relevante no es alcanzar metas idénticas, sino garantizar un

proceso de innovación progresivo, realista y sostenible, basado en la apropiación compartida del modelo.

5.6.3.- Hitos anuales e iteración con claustro y órganos colegiados.

La institucionalización progresiva del modelo no puede entenderse como un proceso lineal cerrado, sino como un ciclo de avance, revisión y reajuste. Por ello, se propone estructurar cada curso escolar en torno a una serie de **hitos anuales estratégicos**, que actúan como puntos de control del progreso, de reflexión compartida y de toma de decisiones colegiada. Esta lógica es coherente con el principio de mejora continua recogido en el artículo 121 de la LOMLOE, que establece la necesidad de realizar procesos de autoevaluación interna para orientar la evolución de los centros educativos.

A lo largo de cada año del plan trianual, se contemplan tres momentos clave de evaluación: uno inicial (al comenzar el curso), uno intermedio (habitualmente en el segundo trimestre) y uno final (en junio), con una finalidad pedagógica, organizativa y formativa. Estas revisiones no se limitan a aspectos técnicos, sino que deben recoger percepciones del profesorado, datos observables del aula y propuestas de mejora generadas desde la práctica.

Los órganos implicados en esta iteración no se reducen al equipo directivo, sino que incluyen al claustro, los equipos de ciclo, la Comisión de Coordinación Pedagógica y, en determinados momentos, al Consejo Escolar. La inclusión de los avances y ajustes en los documentos oficiales (PGA, Programaciones de aula) permitirá consolidar una cultura profesional que valore la evidencia y la colaboración.

El detalle de estos hitos, sus responsables y productos esperados puede consultarse en el **Anexo 3** (cronograma trianual de implementación institucional por fases) y se sintetiza de forma visual en el **Anexo 8**, que organiza la información por curso escolar y órganos implicados.

5.7.- Evaluación.

La evaluación constituye una dimensión central en todo proceso de innovación institucional, especialmente cuando se orienta a la integración de tecnologías emergentes como la robótica educativa. En este marco, no se limita a comprobar el cumplimiento de objetivos formales, sino que actúa como instrumento de análisis crítico, mejora continua y sostenibilidad del cambio. El presente apartado desarrolla un sistema de evaluación articulado en torno a tres ejes: la definición de indicadores de impacto pedagógico y organizativo, la selección de herramientas mixtas de recogida

de información y el diseño de estrategias para garantizar la continuidad institucional del modelo. Desde una perspectiva sistémica, se entiende la evaluación como un proceso distribuido, participativo y formativo, que involucra a docentes, equipos directivos y órganos colegiados. Además, se integra con los principios de autonomía de centro recogidos en la LOMLOE (art. 120–122), permitiendo adaptar los mecanismos de seguimiento a cada realidad contextual.

5.7.1.- Diseño de indicadores de impacto organizativo y pedagógico.

Evaluar un proceso de institucionalización requiere más que valorar la ejecución de actividades: implica identificar transformaciones reales en la cultura organizativa del centro y en la práctica pedagógica cotidiana. Por esta razón, se propone un sistema de indicadores que atiende a dos dimensiones complementarias: el impacto pedagógico en el aula y el impacto organizativo a nivel de centro.

En el plano **pedagógico**, los indicadores se orientan a analizar el grado de integración de la robótica educativa en las unidades didácticas, la evolución metodológica del profesorado, la implicación del alumnado y el desarrollo de las competencias clave. Algunos ejemplos incluyen el número de situaciones de aprendizaje que incorporan programación, el uso autónomo de kits por parte del alumnado o la autoevaluación competencial vinculada al perfil de salida.

En la dimensión **organizativa**, se consideran indicadores como la incorporación de la robótica en documentos estructurales del centro (PEC, PGA, programaciones), la frecuencia de reuniones del equipo impulsor, la asistencia a formaciones o el nivel de coordinación entre ciclos. Estas variables permiten detectar no solo avances formales, sino también consolidación estructural y liderazgo compartido.

La matriz completa de indicadores, junto con sus fuentes de información, periodicidad y responsables, se presenta en el **Anexo 9**, que actúa como instrumento operativo de seguimiento y mejora. Además, se propone un **ejemplo de ficha institucional de evaluación** adaptable por curso y utilizada por los equipos directivos o pedagógicos, recogida en el **Anexo 10**.

Este diseño responde a lo establecido en la LOMLOE (art. 121–122) sobre calidad educativa y evaluación interna, y se inspira en enfoques de evaluación formativa (Stiggins, 2004) y modelos de mejora organizativa en centros escolares (Bolívar, 2000).

5.7.2.- Herramientas de evaluación mixta: rúbricas, observación de prácticas, participación docente.

La evaluación de un proceso de cambio institucional debe trascender la mera verificación de objetivos. Es preciso identificar transformaciones profundas tanto en la práctica pedagógica como en la cultura organizativa. Por ello, este modelo incorpora un sistema de evaluación mixta que integra instrumentos cuantitativos (rúbricas, escalas, encuestas) con técnicas cualitativas como la observación reflexiva, entrevistas y portafolios. Esta diversidad permite captar evidencias con valor formativo y operativo.

Durante la **fase de diagnóstico**, se propone aplicar una **encuesta inicial al profesorado** (Anexo 11) centrada en el nivel de competencia digital docente (según el MRCDD), percepción sobre la robótica y necesidades formativas. Junto a ello, se utilizará una **parrilla de observación de aula** (Anexo 12) diseñada por el equipo impulsor, que recogerá información sobre prácticas didácticas, uso de tecnologías y dinámicas participativas. Estas herramientas permiten establecer una línea base contextualizada.

En la **fase de consolidación**, el foco se traslada a la calidad de las experiencias de aula. Una **rúbrica de valoración de unidades didácticas con robótica** (Anexo 13) permitirá analizar aspectos como la alineación curricular, la integración del DUA o el enfoque competencial. Esta herramienta podrá ser utilizada tanto por docentes como por coordinadores pedagógicos. Complementariamente, una **acta reflexiva de ciclo o nivel** (Anexo 14) sistematizará las valoraciones cualitativas de los equipos docentes sobre su experiencia con los kits.

La **fase de institucionalización** exige instrumentos orientados a valorar la sostenibilidad del modelo. Se propone realizar **entrevistas semiestructuradas al equipo directivo, TIC y consejo escolar** (Anexo 15), con el objetivo de evaluar la inclusión de la robótica en los documentos oficiales del centro y su arraigo organizativo. Como herramienta transversal, se plantea además un **portafolio institucional compartido** (Anexo 16), donde se recojan evidencias, muestras de trabajo, autoevaluaciones y propuestas de mejora. Este portafolio, actualizado por el equipo impulsor, cumple una función de memoria institucional y vehículo de replicabilidad.

Todas las herramientas aquí descritas están vinculadas a los **indicadores del Anexo 9** y se documentan sistemáticamente mediante la **ficha del Anexo 10**, lo que permite transformar la evaluación en un verdadero motor de mejora organizativa y pedagógica.

5.7.3.- Estrategias para la sostenibilidad institucional: sistematización, replicabilidad, mejora continua.

La sostenibilidad de una propuesta de innovación educativa no puede reducirse a la simple continuidad de actividades, sino que requiere la creación de condiciones organizativas, pedagógicas y culturales que aseguren su permanencia, adaptabilidad y mejora constante. En este sentido, la institucionalización de la robótica educativa, tal como se plantea en el marco del Programa Código Escuela 4.0, debe apoyarse en tres pilares interrelacionados: la sistematización de la experiencia, la replicabilidad del modelo y la consolidación de una cultura de mejora continua.

La sistematización implica documentar procesos y generar repositorios de recursos compartidos. Estos bancos internos de materiales (secuencias didácticas, códigos, rúbricas) fortalecen el trabajo en equipo, permiten adaptar experiencias previas y aseguran que la innovación no dependa de iniciativas individuales. A su vez, la incorporación progresiva de la robótica en los documentos estructurales del centro (PEC, PGA, Programaciones) es clave para consolidar su carácter institucional, conforme a lo previsto en el artículo 121 de la LOMLOE (Boletín Oficial del Estado, 2020).

La replicabilidad se favorece mediante un diseño flexible, escalable y contextualizable. La propuesta permite ser implementada por fases, respetando la diversidad organizativa de cada centro, y promueve intercambios entre equipos docentes a través de redes profesionales o actividades de formación compartida. Los anexos de planificación y evaluación (Anexos 3, 9 y 14) actúan como herramientas-guía para esta extensión.

En cuanto a la mejora continua, el proyecto incorpora indicadores de impacto que permiten evaluar tanto el nivel de integración pedagógica como la consolidación organizativa. La revisión periódica por parte del equipo impulsor garantiza la toma de decisiones informadas y realistas. Este enfoque cíclico de análisis, ajuste y reimplementación responde al artículo 122 de la LOMLOE y a estándares europeos como el marco DigCompOrg (Kampylis et al., 2015), favoreciendo una transformación educativa sostenible.

6.- Conclusiones.

Este Trabajo Fin de Máster ha tenido como finalidad el diseño de una propuesta de institucionalización progresiva de la programación y la robótica educativa en centros de Educación Primaria, tomando como eje vertebrador el desarrollo de las competencias clave recogidas en el perfil de salida del alumnado según la LOMLOE (2020) y la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 2018. Lejos de plantear una intervención puntual o experimental, el modelo propuesto articula una estrategia estructural, escalonada y evaluable, alineada con los principios del Programa Código Escuela 4.0.

Las principales aportaciones del proyecto se concretan en la elaboración de un itinerario tecnológico coherente por ciclos, la integración curricular de los kits adquiridos por licitación pública y la creación de instrumentos operativos como cronogramas, rúbricas o entrevistas estructuradas. Esta instrumentalización no solo permite su seguimiento interno, sino que facilita su replicabilidad en otros centros públicos.

En términos de impacto, se anticipa un cambio metodológico progresivo que favorezca el uso significativo de la robótica, el desarrollo de proyectos interdisciplinarios, y la consolidación de una cultura institucional de innovación. Se espera asimismo una mejora del clima profesional del centro, mediante la activación de liderazgos compartidos, el acompañamiento entre iguales y la formación situada, aspectos esenciales para la sostenibilidad del proceso.

Entre las fortalezas del modelo destacan su adaptabilidad a distintos contextos, la claridad en la distribución de fases y el respaldo normativo que legitima su aplicación. No obstante, también se identifican condiciones críticas para su viabilidad: liderazgo pedagógico comprometido, mantenimiento tecnológico, estabilidad de equipos impulsores y formación continua contextualizada.

Como línea de proyección, sería razonable explorar su extensión a otras etapas educativas, así como su vinculación a redes nacionales o europeas de innovación digital con enfoque competencial.

7. Valoración crítica

La elaboración de este Trabajo de Fin de Máster ha supuesto una experiencia formativa de elevada intensidad intelectual, en la que convergen la reflexión crítica, el análisis normativo, la planificación pedagógica y el compromiso profesional con la mejora educativa. Más allá de los requisitos académicos, el proceso ha implicado construir una visión docente fundamentada, estratégica y situada en el contexto real de los centros de Educación Primaria.

Uno de los aprendizajes más significativos ha sido comprender la tensión entre los discursos de innovación digital impulsados desde las políticas educativas y las condiciones estructurales, formativas y organizativas de los centros escolares. El Programa Código Escuela 4.0 ofrece un marco ambicioso para incorporar la programación y la robótica en la etapa obligatoria, pero su aplicación efectiva requiere superar obstáculos como la falta de formación docente específica, la escasa integración en los documentos institucionales y la desigual disponibilidad de recursos tecnológicos. Este diagnóstico ha llevado a formular una propuesta realista, progresiva y alineada con el principio de equidad.

El modelo de institucionalización en tres fases -iniciación, consolidación e institucionalización- no pretende imponer una secuencia rígida, sino ofrecer una hoja de ruta adaptable a distintos niveles de madurez digital. Esta estructura permite avanzar desde prácticas puntuales hasta una integración curricular profunda, sostenida por la implicación del claustro, la planificación estratégica del centro y la evaluación continua. Además, la propuesta está alineada con el enfoque competencial de la LOMLOE y con el perfil de salida del alumnado, reforzando su legitimidad normativa y su aplicabilidad práctica.

En el plano metodológico, el trabajo ha requerido una integración cuidadosa de marcos teóricos, legales y organizativos. La triangulación entre el ABP y el DUA, la normativa estatal y europea (RD 157/2022, Recomendación UE 2018), y los documentos de centro (PEC, PGA), ha sido clave para garantizar la coherencia interna del proyecto. Esta articulación ha permitido no solo diseñar una propuesta pedagógicamente sólida, sino también valorar su viabilidad operativa y su sostenibilidad institucional.

La experiencia ha reforzado también una convicción central: la innovación educativa no puede depender de la voluntad aislada de individuos, ni de la incorporación superficial de herramientas tecnológicas. Requiere condiciones organizativas, liderazgo distribuido y cultura profesional compartida. En este sentido, se ha hecho evidente que la robótica educativa puede

actuar como eje vertebrador de procesos de colaboración docente, de formación interna y de apertura a redes de innovación externas, consolidando así una comunidad profesional con identidad pedagógica.

Además, el proceso ha favorecido una revisión profunda del papel del profesorado en contextos digitalizados. Lejos de asumir un rol técnico o transmisor, el docente se configura como mediador pedagógico, diseñador de entornos de aprendizaje y facilitador de experiencias significativas. La programación y la robótica no deben ser contempladas como fines en sí mismos, sino como medios para fomentar el pensamiento computacional, la resolución de problemas, la creatividad, la cooperación y la autonomía del alumnado. Este posicionamiento transforma radicalmente el sentido de la integración tecnológica.

En el plano personal, la elaboración del TFM ha implicado el desarrollo de competencias avanzadas en análisis curricular, interpretación normativa, redacción académica y planificación didáctica. Ha exigido construir una voz argumentativa propia, fundamentada y crítica, que no se limite a reproducir discursos previos, sino que sea capaz de generar propuestas contextualizadas y transferibles. Este proceso ha contribuido de manera significativa a consolidar una identidad docente con capacidad de liderazgo pedagógico, apta para diseñar e implementar proyectos innovadores en el marco de políticas públicas concretas.

Desde una perspectiva ética, se declara que durante la elaboración del presente trabajo se ha utilizado asistencia de inteligencia artificial generativa para tareas auxiliares de consulta normativa, estructuración de ideas, verificación formal y revisión de estilo. Este uso ha sido controlado de forma directa por el autor, siguiendo principios de integridad académica, y limitado exclusivamente a funciones de apoyo técnico. En ningún caso se ha delegado la toma de decisiones argumentativas, conceptuales ni metodológicas.

Finalmente, este trabajo ha permitido no solo cumplir con los objetivos académicos establecidos, sino también proyectar una línea de trabajo profesional basada en la coherencia pedagógica, la responsabilidad institucional y el compromiso con la equidad. La robótica educativa, abordada desde una lógica sistémica, inclusiva y crítica, se revela como una herramienta poderosa para la mejora escolar siempre que se integre en proyectos de centro sostenibles. Por ello, el TFM no representa un cierre, sino un punto de partida para seguir investigando, experimentando y acompañando procesos reales de transformación educativa en la escuela pública.

8.- Referencias bibliográficas.

- Anwar, S., Bascou, N.A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). *A Systematic Review of Studies on Educational Robotics. Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>
- Basham, J.D., & Marino, M.T. (2013). *Understanding STEM education and supporting students with universal design for learning. Teaching Exceptional Children*, 45(4), 8–15. <https://doi.org/10.1177/004005991304500401>
- Bell, S. (2010). *Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. The Clearing House*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
<https://www.semanticscholar.org>+[scirp.org](https://www.scirp.org)+9
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58, 978–988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bers, M.U., Flannery, L.P., Kazakoff, E.R., & Sullivan, A. (2014). *Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. Computers & Education*, 72, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M.U. (2020). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom* (2.^a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003022602>
- Blikstein, P. (2018). *Pre-college computer science education: A survey of the field*. Google LLC. Recuperado de <https://goo.gl/gmS1Vm>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education: Implications for policy and practice* (EUR 28295 EN). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/792158>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Kampylis, P., Dagienė, V., Wastiau, P., Engelhardt, K., Earp, J., Horvath, M. A., Jasutė, E., Malagoli, C., Masiulionytė-Dagienė, V., Stupurienė, G., Inamorato dos Santos, A., Cachia, R., Giannoutsou, N., & Punie, Y. (2022). *Reviewing computational thinking in compulsory education: State of play and practices from*

computing education (JRC Technical Report No. JRC128347). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/126955>

Bolívar, A. (2000, 20 de septiembre). *La mejora de los procesos de evaluación conduce a la mejora de la enseñanza y la escuela* [Ponencia]. Curso “La mejora de la enseñanza”, Federación de Enseñanza-UGT, Murcia. <https://www.scribd.com/document/501742644/La-mejora-de-los-procesos-de-evaluacion-Bolivar>

Boss, S., & Larmer, J. (2018). *Project based teaching: How to create rigorous and engaging learning experiences*. ASCD.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking. Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vol. 1, Vancouver, 13-17 April 2012, 25 p. <http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>

Bülbül, H. (2018). A universal design for robotics education. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 4(1), 292–299. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1169377.pdf>

CAST (Center for Applied Special Technology). (2024, July 30). *Universal design for learning guidelines version 3.0* [Graphic organizer]. Wakefield, MA: Author. <https://udlguidelines.cast.org>

Claro, M., Preiss, D. D., San Martín, E., Jara, I., Hinojosa, J. E., Valenzuela, S., & Nussbaum, M. (2012). *Assessment of 21st century ICT skills in Chile*. *Computers & Education*, 59(3), 1042–1053. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.004>

Comunidad de Madrid. (2022, 7 de junio). *Orden 1743/2022, de 7 de junio, de la Consejería de Educación, Universidades, Ciencia y Portavocía, por la que se establece la ordenación y el currículo de la etapa de Educación Primaria en la Comunidad de Madrid*. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 169, 1–162. https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2022/07/18/BOCM-20220718-1.PDF

Comunidad de Madrid, Consejería de Educación, Ciencia y Universidades. (2022). *Orden 13354, de 23 de junio de 2022, de la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades, por la que se establecen instrucciones para el inicio del curso escolar 2022-2023 en los centros docentes públicos no universitarios de la Comunidad de Madrid*.

https://gestiona.comunidad.madrid/wleg_pub/servlet/Servidor?opcion=VerHtml&nmnorma=13354

Comunidad de Madrid, Consejería de Educación, Ciencia y Universidades. (2024). *Instrucciones de la Viceconsejería de Política Educativa sobre el inicio del curso escolar 2024-2025 en los centros docentes públicos no universitarios de la Comunidad de Madrid*. https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/instrucciones_inicio_curso_2024_2025.pdf

Comunidad de Madrid, Dirección General de Bilingüismo y Calidad de la Enseñanza. (2024). *Plan de actuación del coordinador de robótica en Educación Secundaria dentro del Programa Código Escuela 4.0*. Consejería de Educación, Ciencia y Universidades. <https://drive.google.com/file/d/1058pkIwYLQmaKQdYh9qsypra57qcHfqQ>

Consejo de la Unión Europea. (2018). *Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente* (2018/C 189/01). Diario Oficial de la Unión Europea, C189, 4.6.2018. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))

English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2, Article 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>

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>

Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, F. J., Díaz-Levicoy, D., y Silva-Díaz, F. (2020). *La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: Una revisión sistemática*. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, Artículo 18. <https://doi.org/10.14201/eks.22036>

Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A framework for developing digital competence in Europe*. Joint Research Centre (JRC), Institute for Prospective Technological Studies. <https://doi.org/10.2791/11517>

Fullan, M. (2005). *Leadership & sustainability: System thinkers in action*. Corwin Press.

Fullan, M. (2012). *Los nuevos significados del cambio en la educación* (2.ª ed.). Octaedro. (Obra original publicada en 1991)

- Fullan, M. (2015). *The new meaning of educational change* (5th ed.). Teachers College Press.
- Goos, M., Geiger, V., & Dole, S. (2014). *Transforming professional practice in numeracy teaching*. En Y. Li, E. Silver y S. Li (Eds.), *Transforming mathematics instruction: Multiple approaches and practices* (pp.81–102). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04993-9_6
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Grover, S., & Basu, S. (2020). *Measuring student learning in introductory block-based programming*. *ACM Transactions on Computing Education*, 20(3), 1–24. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017723>
- Hall, T. E., Meyer, A., & Rose, D. H. (2014). *Universal design for learning in the classroom: Practical applications*. Guilford Press.
- Harris, A. (Ed.). (2009). *Distributed School Leadership: Different Perspectives*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9737-9>
- Heintz, F., Mannila, L., & Färnqvist, T. (2016). A review of models for introducing computational thinking. En *Proceedings of the International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution and Perspectives (ISSEP 2016)*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46747-4>
- Herro, D., & Quigley, C. (2017). *Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: Implications for teacher educators*. *Professional Development in Education*, 43(3), 371–389. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- INTEF. (2022). *Marco de referencia de la competencia digital docente (MRCDD)*. Ministerio de Educación y Formación Profesional. https://intef.es/wp-content/uploads/2022/03/MRCDD_V06B_GTTA.pdf
- International Society for Technology in Education [ISTE]. (2022a). *ISTE standards for educational leaders: A guide for systemic digital transformation*. <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-education-leaders>

- International Society for Technology in Education [ISTE]. (2022b). *ISTE standards for students and computational thinking competencies*. <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-students>
- Jefatura del Estado. (2020, 30 de diciembre). *Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de Educación (LOMLOE)*. Boletín Oficial del Estado, 340, 122868–122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Jung, S. E., & Won, E. S. (2018). *Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children*. *Sustainability*, 10(4), 905. <https://doi.org/10.3390/su10040905>
- Kampylis, P., Punie, Y., & Devine, J. (2015). *Promoting effective digital-age learning: A European framework for digitally competent educational organisations (DigCompOrg)*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/54070>
- Macron, T. (2025). *Overcoming Barriers to Introducing Robotics Education in Primary Schools* [Documento de trabajo]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/389359327_Overcoming_Barriers_to_Introducing_Robotics_Education_in_Primary_Schools
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022, 29 de junio). *Orden EFP/687/2022, de 29 de junio, por la que se establece la estructura del currículo de Educación Primaria*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/eli/es/o/2022/07/15/efp678/con>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2023, 5 de julio). *Resolución de 30 de junio de 2023, de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se publica el Acuerdo de la Conferencia Sectorial de Educación de 7 de junio de 2023, por el que se aprueba la propuesta de distribución territorial y los criterios de reparto de los créditos gestionados por Comunidades Autónomas destinados al Programa Código Escuela 4.0* (BOE núm. 170, 18 de julio de 2023, pp. 103784–103793). https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-16620
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2024, 5 de septiembre). *Resolución de 5 de septiembre de 2024, de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se publica el Acuerdo de la Conferencia Sectorial de Educación de 30 de julio de 2024, por el que se aprueba la propuesta de distribución territorial y los criterios de reparto de los créditos*

gestionados por Comunidades Autónomas destinados al Programa de cooperación territorial Código Escuela 4.0 (BOE núm.218, de 9 de septiembre de 2024, pp.3718c–3718c).
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2024-18091

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6).
- Moreno-León, J., Robles, G., & Román-González, M. (2015). Dr. Scratch: A web tool to automatically evaluate Scratch projects. En *ITiCSE '15: Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*.
<https://doi.org/10.1145/2729094.2742637>
- Murillo Torrecilla, F.J. (2004). *Un marco comprensivo de mejora de la eficacia escolar*. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 9(21), 319–359. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1005605>
- Nanou, A., & Karampatzakis, D. (2022). Collaborative educational robotics for the inclusion of children with disabilities. *Education. Innovation. Diversity*, 1(4), 30–43.
<https://doi.org/10.17770/eid2022.1.6899>
- OECD (2015), *Schooling Redesigned: Towards Innovative Learning Systems*, Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264245914-en>.
- OECD (2021), *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/589b283f-en>.
- Panadero, E., Jonsson, A., & Botella, J. (2017). *Effects of self-assessment on self-regulated learning and self-efficacy: Four meta-analyses*. *Educational Research Review*, 22.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.004>
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M., & Jaccheri, L. (2019). Exploring children's learning experience in constructionism-based coding activities through design-based research. *Computers in Human Behavior*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.01.008>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.

- Presidencia del Gobierno. (2022, 2 de marzo). *Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria*. Boletín Oficial del Estado, 52, 24801–24872. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157>
- Puentedura, R. R. (2015). *SAMR: A brief introduction* [PDF]. Hippasus. http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. MIT Press.
- Rodríguez Lera, F. J., Fernández Hernández, R., López González, S., González-Santamarta, M. A., Rodríguez Sedano, F. J., & Fernandez Llamas, C. (2025). *Accessible and pedagogically-grounded explainability for human-robot interaction: A framework based on UDL and symbolic interfaces*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2504.06189>
- Santoya–Mendoza, A., Díaz–Mercado, A., Fontalvo–Caballero, F., Daza–Torres, L., Avendaño–Bermúdez, L., Sánchez–Noriega, L., Ramos–Bernal, P., Barrios–Martínez, E., López–Daza, M., Osorio–Cervantes, G., Rodríguez–Pertuz, M. y Moreno–Polo, V. (2018). Robótica educativa desde la investigación como estrategia pedagógica apoyada en tic en la escuela. *Cultura. Educación y Sociedad* 9(3), 699-708. <http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.9.3.2018.82>
- Senge, P. M. (2004). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Doubleday.
- Silva, R., Costa, C., & Martins, F. M. L. (2024). *Pre-service teachers' perceptions towards integrating educational robotics in the primary school*. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14356>
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: Learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- UNESCO. (2022). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>

- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49 (3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zalavra, E., Papanikolaou, K., Tzelepi, M., Asensio-Pérez, J. I., Dimitriadis, Y., Saban, M., & Pappa, N. (2024). Supporting educators to co-design interdisciplinary projects integrating educational robotics and arts. *Proceedings of the 23rd European Conference on e-Learning (ECEL)*. <https://doi.org/10.34190/ecel.23.1.2641>

9.- Anexos.

Anexo 1. Tabla 1. Objetivos por dimensión y alineación competencial.

Objetivos por dimensión y alineación competencial		
Dimensión	Objetivo específico	Competencias clave implicadas
Pedagógica	Integrar robótica en situaciones de aprendizaje	CC2 (STEM), CC3 (Digital), CC4 (Aprender a aprender), CC5 (Personales y sociales)
	Alinear con competencias clave	CC2 (STEM), CC4 (Aprender a aprender), CC8 (Sentido de iniciativa)
	Aplicar metodologías activas (ABP, STEAM)	CC1 (Lingüística), CC2 (STEM), CC4 (Aprender a aprender), CC5 (Personales y sociales)
Tecnológica	Asegurar dotación tecnológica funcional	CC2 (STEM), CC3 (Digital), CC4 (Aprender a aprender)
	Formar al profesorado en recursos del programa	CC2 (STEM), CC3 (Digital), CC4 (Aprender a aprender), CC5 (Personales y sociales)
	Facilitar soporte técnico básico	CC3 (Digital), CC4 (Aprender a aprender), CC7 (Cultural)
Organizativa	Impulsar liderazgo distribuido	CC4 (Aprender a aprender), CC5 (Personales y sociales), CC6 (Ciudadana)
	Establecer equipos impulsores	CC4 (Aprender a aprender), CC5 (Personales y sociales), CC8 (Sentido de iniciativa)
	Evaluar institucionalmente el proceso	CC4 (Aprender a aprender), CC5 (Personales y sociales), CC6 (Ciudadana)

Anexo 2. Tabla 2. Marco normativo referenciado.

Marco normativo referenciado		
Norma o documento	Ámbito de aplicación	Aportación al modelo
LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020)	Estatal	Establece la obligatoriedad de un currículo competencial y la inclusión del pensamiento computacional en todas las áreas.
Real Decreto 157/2022	Estatal	Define el perfil de salida del alumnado de Primaria e integra las competencias digitales y computacionales como ejes curriculares.
Decreto 61/2022 (Comunidad de Madrid)	Autonómico	Organiza y adapta el currículo de Primaria en la Comunidad de Madrid, especificando objetivos competenciales y contenidos vinculados a TIC y programación.
Recomendación del Consejo de la UE (2018)	Europeo	Establece las ocho competencias clave para el aprendizaje permanente, incluyendo competencia digital y STEM como dimensiones esenciales.
Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente (INTEF, 2022)	Estatal	Proporciona una herramienta para evaluar y desarrollar la competencia digital docente a distintos niveles.
Programa Código Escuela 4.0 (MEFP)	Estatal	Financia y orienta la implementación de la programación y robótica educativa en centros públicos con dotación tecnológica incluida.
Instrucciones de inicio de curso 2024/2025 (Madrid)	Autonómico	Establece la organización del curso, funciones del coordinador TIC y medidas para el acompañamiento de la transformación digital.
Plan de actuación del coordinador de robótica en Secundaria (Madrid)	Autonómico	Define funciones técnicas del coordinador de robótica, aplicables por analogía a contextos de Primaria.
ORDEN 2808/2023 sobre atención a la diversidad	Autonómico	Garantiza la atención inclusiva en el uso de tecnologías, con referencias a modalidades combinadas y ajustes razonables.
Decreto 36/2022: Currículo de Educación Infantil	Autonómico	Justifica la introducción temprana del pensamiento computacional desde etapas previas a Primaria.
ORDEN 130/2023 (Madrid)	Autonómico	Regula aspectos de organización y funcionamiento, evaluación y autonomía pedagógica en la etapa de Educación Primaria en la Comunidad de Madrid.

Anexo 3. Tabla 3. Cronograma trianual de implementación institucional por fases.

Cronograma trianual de implementación institucional por fases		
Fase 1 Curso 2025-26		
Periodo estimado	Actividad clave	Responsables
Septiembre - Octubre	Diagnóstico institucional: análisis de competencias docentes (MRCDD), recursos disponibles y cultura digital	Equipo directivo, coordinación TIC
Octubre - Noviembre	Creación del equipo impulsor y definición de roles	Equipo directivo, representantes por ciclo
Noviembre - Diciembre	Sesiones de sensibilización docente y formación básica en pensamiento computacional y robótica educativa	Equipo impulsor, formadores internos/externos
Enero	Diseño y planificación de experiencias piloto por ciclo	Docentes implicados, coordinación pedagógica
Febrero - Marzo	Implementación de las experiencias piloto en aulas seleccionadas	Tutores, especialistas, observadores entre iguales
Abril - Mayo	Seguimiento formativo: revisión, ajustes y recogida de evidencias	Comunidad docente, equipo impulsor
Junio	Valoración del proceso y propuestas de mejora para el segundo año	Claustro, CCP, equipo directivo
Fase 2 Curso 2026-27		
Periodo estimado	Actividad clave	Responsables
Septiembre - Octubre	Revisión del plan de implementación y ajustes organizativos necesarios	Equipo directivo, equipo impulsor
Octubre - Noviembre	Diseño de unidades didácticas con integración de robótica educativa	Docentes por ciclo, coordinación TIC
Noviembre - Enero	Implementación en aula y documentación de experiencias por ciclos	Claustro docente, equipo impulsor
Febrero - Marzo	Consolidación de comunidades de práctica y sesiones de codiseño docente	Representantes por nivel, coordinación pedagógica
Abril - Mayo	Evaluación del impacto mediante rúbricas, portafolios y observación entre iguales	Docentes, observadores entre iguales, equipo impulsor
Junio	Informe de seguimiento y planificación del tercer año	Claustro, CCP, equipo directivo
Fase 3 Curso 2027-28		
Periodo estimado	Actividad clave	Responsables
Septiembre - Octubre	Revisión global del modelo implementado y valoración institucional	Equipo impulsor, coordinación pedagógica
Octubre - Diciembre	Actualización del PEC, PGA y programaciones de aula con integración del modelo	Claustro, CCP, equipo directivo
Enero - Febrero	Diseño de protocolos de acogida y formación para nuevos docentes	Equipo TIC, representantes por ciclo
Marzo - Abril	Difusión de buenas prácticas en redes profesionales y espacios educativos	Docentes impulsores, equipo directivo
Mayo	Evaluación final con indicadores organizativos y pedagógicos	Claustro, comisión de seguimiento
Junio	Redacción del plan de mejora trianual y cierre del proceso	Equipo directivo, claustro

Anexo 4. Tabla 4. Indicadores de madurez institucional por etapa.

Indicadores de madurez institucional por etapa		
Nivel	Dimensión	Indicadores clave
Iniciación	Organizativa	Constitución de un equipo impulsor vinculado a la coordinación TIC.
	Pedagógica	Desarrollo de al menos dos experiencias piloto en un ciclo.
	Tecnológica	Uso funcional de recursos como True True, Makey Makey, Scratch Jr o actividades desenchufadas.
	Curricular	Inclusión inicial en la PGA o propuestas didácticas.
	Evaluativa	Documentación básica de las experiencias (fotos, rúbricas, registros).
Consolidación	Curricular	Aplicación sistemática de situaciones de aprendizaje en todos los ciclos.
	Formativa	Participación activa del profesorado en redes o formación específica.
	Organizativa	Existencia de coordinación entre ciclos y áreas con referentes estables.
	Tecnológica	Uso compartido y contextualizado de recursos.
	Profesional	Al menos parte del claustro en nivel B1 del MRCDD.
	Colaborativa	Creación de materiales propios reutilizables y compartidos.
Institucionalización	Estructural	Presencia de la robótica educativa en PEC, PGA y Plan de Formación.
	Estratégica	Diseño autónomo de un plan estratégico interno.
	Liderazgo	Existencia de comisiones, equipos o liderazgos distribuidos estables.
	Evaluativa	Evaluación sistemática del impacto con instrumentos propios.
	Difusión	Socialización de buenas prácticas en contextos formales.
	Proyección externa	Participación en proyectos o convocatorias externas de innovación.

Anexo 5. Tabla 5. Distribución de infraestructura y tecnología por nivel educativo.

Distribución de infraestructura y tecnología por nivel educativo				
Ciclo	Kit / Recurso	Lenguaje / Entorno	Uso progresivo	Observaciones pedagógicas
1.º y 2.º Primaria	Actividades desenchufadas	N/A	Recurso transversal	Introducción al pensamiento computacional sin tecnología
	Cody & Roby	Actividades desenchufadas	Recurso transversal	Desarrollo de pensamiento algorítmico en entornos lúdicos
	True True	Tarjetas físicas	Recurso transversal	Iniciación manipulativa a la secuenciación y la lógica sin pantalla
	Scratch Jr	Scratch Jr (tabletas)	Solo primer ciclo	Entorno visual adaptado a alumnado prelector
3.º y 4.º Primaria	micro:bit v2	MakeCode, Scratch	Continúa en tercer ciclo	Introducción a la robótica y programación con sensores
	Nezha v2	MakeCode	Continúa en tercer ciclo	Proyectos con sensores y bloques de construcción
	Crumble Cocodrilos V2	Crumble software	Continúa en tercer ciclo	Montajes eléctricos con programación por bloques
	Makey Makey	Scratch	Continúa en tercer ciclo	Creatividad interactiva mediante objetos físicos
	ART2BIT (JOVI)	MakeCode	Continúa en tercer ciclo	Intersección entre plástica, programación y electricidad
	True True / Cody & Roby / Actividades desenchufadas	Tarjetas, juego y dinámicas físicas	Recurso transversal	Apoyo complementario a la transición digital
5.º y 6.º Primaria	Kit Robótica Creativa (DFRobot)	MakeCode	Uso exclusivo tercer ciclo	Diseño estructural, sensórica avanzada y robótica aplicada
	micro:bit v2 + kits anteriores	MakeCode, Scratch	Consolidación	Proyectos interdisciplinarios con integración de dispositivos previos

Anexo 6. Tabla 6. Componentes incluidos en los kits de robótica y programación.

Componentes incluidos en los kits de robótica y programación		
Kit / Dispositivo	Componentes incluidos	Lenguajes / Entornos de programación
micro:bit v2	Placa con sensores integrados (luz, temperatura, acelerómetro, magnetómetro, botones, micrófono, altavoz, pantalla LED), conectividad Bluetooth	MakeCode, Scratch, MicroPython
True True	Robot con sensores, LED RGB, altavoz, acelerómetro; 57 tarjetas de programación, adaptador Bluetooth, cable carga	Tarjetas físicas, Scratch (2.º ciclo en adelante), True True Edu App
Makey Makey	Placa interfaz, cables cocodrilo y jumper, conexión USB	Scratch
Cody & Roby	Tablero A4, 36 cartas de comandos (avanza, gira), caja recortable	Actividades desenchufadas (sin entorno digital)
Crumble Cocodrilos V2	Placa Crumble, 2 Sparkle RGB, 3 LEDs (RGB), zumbador, LDR, pulsador, interruptor, motor DC, cables cocodrilo, micro-USB, portapilas y pilas	Crumble software
Nezha v2	Caja expansión Nezha, sensores (ultrasonico, humedad, colisión, línea), LEDs, potenciómetro, motores, servo, piezas LEGO compatibles, cables RJ11, tapete	MakeCode, Scratch (vía micro:bit)
Kit Robótica Creativa (DFRobot)	Placa expansión, 2 servos 180°, 2 servos 360°, 2 motores DC, 2 sensores línea, sensores (ultrasonico, PIR, humedad, luz, temperatura/humedad), tira LED, chasis MiniQ, caja pilas, cables Grove/JST	MakeCode
ART2BIT (JOVI)	Placa ART2BIT, micro:bit, 3 LEDs encapsulados, motor DC, sensor ultrasonico, témpera conductiva, pincel, powerbank, cables cocodrilo, USB	MakeCode

Anexo 7. Tabla 7. Roles profesionales y perfiles clave en la institucionalización del modelo.

Roles profesionales y perfiles clave en la institucionalización del modelo		
Categoría	Perfil profesional	Función clave
Equipo directivo	Dirección	Liderazgo institucional, visibilidad del proyecto y compromiso estructural.
	Jefatura de estudios	Organización horaria y conexión del proyecto con PGA y plan de centro.
	Coordinar TIC	Responsable técnico-pedagógico de tecnologías y resolución de incidencias.
	Coordinador de etapa/ciclo	Vínculo entre niveles y supervisión del despliegue curricular horizontal.
Colectivo docente	Tutores/as de grupo	Implementación directa, coordinación curricular y seguimiento del alumnado.
	Especialistas en Ciencias y Matemáticas	Diseño de actividades con enfoque lógico-científico (STEAM).
	Especialistas en Educación Artística	Uso de kits creativos como ART2BIT, integración de expresión plástica.
	Especialistas en Educación Física	Secuencias algorítmicas motrices, robótica corporal y retos físicos.
	Especialistas en Lengua Castellana	Narrativa computacional, descripciones técnicas y redacción de procesos.
	Especialistas en Lengua Extranjera (Inglés)	Instrucciones orales, comandos técnicos en inglés, presentación de proyectos.
	Especialistas en Música	Ritmos programables, sensores de sonido, creación de secuencias musicales.
	Especialistas en Religión / Valores Éticos	Reflexión ética sobre la tecnología, competencias sociales y cívicas.
Agentes de acompañamiento	PT (Pedagogía Terapéutica)	Adaptaciones metodológicas y apoyo en el diseño accesible del aprendizaje.
	AL (Audición y Lenguaje)	Desarrollo del lenguaje computacional, comprensión de instrucciones y expresión oral.
	Orientador/a del centro	Asesoramiento psicopedagógico, evaluación inclusiva y enfoque DUA.
	Responsable de biblioteca / aula de recursos	Gestión de materiales, préstamo, conservación y apoyo logístico.
Impulsores internos	Referente de programación y robótica	Mentoría docente, liderazgo pedagógico y formación entre iguales.
	Equipo motor de innovación	Coordinación del proyecto, evaluación institucional y dinamización interna.
Colaboradores externos	CTIF / CPR	Formación continua oficial, acompañamiento estratégico y apoyo técnico-docente.
	Entidades STEAM o universidades	Apoyo en talleres, eventos, mentorías o transferencia de buenas prácticas.

Anexo 8. Tabla 8. Resumen de hitos institucionales.

Resumen de hitos institucionales			
Curso escolar	Hitos anuales clave	Órganos implicados	Productos esperados
Primer año (Diagnóstico e iniciación)	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación inicial del centro (competencias, recursos) • Creación del equipo impulsor • Formación inicial y experiencias piloto • Reunión de evaluación intermedia • Informe de valoración anual 	Claustro, CCP, Coordinación TIC, Equipo directivo	Informe diagnóstico inicial; planificación piloto anual
Segundo año (Consolidación)	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación generalizada de unidades didácticas • Consolidación de comunidades de práctica • Inclusión en PGA y programaciones • Revisión pedagógica y organizativa • Informe intermedio institucional 	Claustro, coordinadores de ciclo, Equipo impulsor	Informe de seguimiento y reajuste didáctico
Tercer año (Institucionalización)	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del modelo institucionalizado • Inclusión formal en PEC y PGA • Difusión de buenas prácticas • Evaluación final y plan trianual de mejora • Revisión con claustro y órganos colegiados 	Claustro, Consejo Escolar, CCP, Comisión de seguimiento	Informe final institucional y propuesta de mejora trianual

Anexo 9. Tabla 9. Matriz de indicadores.

Matriz de indicadores					
Dimensión	Categoría	Indicador	Fuente de información	Periodicidad	Responsable
Pedagógica	Práctica docente	Número de unidades didácticas que incorporan robótica y programación	Programaciones didácticas	Trimestral	Docentes por ciclo
	Integración curricular	Presencia de la robótica en situaciones de aprendizaje evaluables	Unidades entregadas y evaluadas	Trimestral	Coordinación pedagógica
	Resultados en alumnado	Nivel de participación y autonomía del alumnado en actividades con kits	Observación en aula y coevaluación	Trimestral	Tutores y observadores entre iguales
Organizativa	Documentación institucional	Inclusión explícita en PGA, PEC y Programaciones de aula	Documentos oficiales del centro	Anual	Equipo directivo
	Desarrollo profesional docente	Participación en formaciones internas o externas sobre robótica	Registros de formación y actas	Semestral	Coordinación TIC / Equipo impulsor
	Gestión del cambio	Funcionamiento del equipo impulsor y revisión periódica del plan	Actas de reuniones y seguimiento	Trimestral	Equipo directivo y CCP

Anexo 10. Tabla 10. Ejemplo de ficha de evaluación institucional.

Ejemplo de ficha de evaluación institucional					
Fase	Indicador evaluado	Descripción del logro o dificultad	Escala de cumplimiento (1-5)	Evidencias recogidas	Acuerdos y mejoras propuestas
Fase 1 - Diagnóstico	Número de unidades didácticas que incorporan robótica y programación	Solo se han registrado 3 unidades didácticas con robótica en todo el centro.	2	Revisión de unidades didácticas entregadas por el profesorado	Generar banco común de unidades con enfoque robótico por nivel
	Presencia de la robótica en situaciones de aprendizaje evaluables	Se ha detectado escasa vinculación entre las actividades robóticas y los criterios de evaluación.	2	Observaciones de aula y análisis de rúbricas	Diseñar plantillas que vinculen robótica y evaluación por competencias
Fase 2 - Consolidación	Nivel de participación y autonomía del alumnado en actividades con kits	En 3.º y 4.º se observa progresiva autonomía del alumnado al usar Crumble y micro:bit.	4	Diarios docentes y entrevistas informales	Fomentar retos colaborativos con niveles superiores
	Participación en formaciones internas o externas sobre robótica	El 65% del claustro ha participado en al menos una formación interna.	4	Registros de asistencia y valoraciones de la formación	Ampliar la formación en aspectos prácticos y diferenciados por ciclo
Fase 3 - Institucionalización	Inclusión explícita en PGA, PEC y Programaciones de aula	La robótica aparece reflejada en el PGA, aunque no todas las programaciones lo integran aún.	3	Revisión documental del PGA y programaciones	Acordar criterios comunes en las programaciones de ciclo
	Funcionamiento del equipo impulsor y revisión periódica del plan	El equipo impulsor se ha reunido trimestralmente y ha elaborado dos informes de seguimiento.	4	Actas de reuniones del equipo y documento de revisión	Establecer una hoja de ruta anual con fechas y responsables asignados

Anexo 11. Tabla 11. Encuesta inicial al profesorado.

Encuesta inicial al profesorado	
Nivel de competencia digital docente	
Escala de valoración de la respuesta: 0 = Sin conocimientos a 5 = Dominio absoluto	
Pregunta	Respuesta
¿Qué nivel de soltura tienes en el manejo básico de sistemas operativos y aplicaciones ofimáticas?	
¿Con qué frecuencia utilizas plataformas educativas (Aula Virtual, Teams, Google Classroom) en tu práctica docente?	
¿Eres capaz de resolver incidencias técnicas básicas en tu equipo informático sin ayuda externa?	
¿Conoces y aplicas criterios de protección de datos y ciberseguridad en el uso de recursos digitales?	
¿Integras herramientas digitales en tus metodologías activas (e.g. escape room, gamificación, ABP)?	
¿Te consideras competente en la búsqueda y selección de recursos educativos digitales de calidad?	
¿Puedes diseñar una tarea evaluable mediante recursos digitales interactivos?	
¿Qué nivel tienes en el uso de recursos multimedia en tus presentaciones o materiales didácticos?	
¿Sabes cómo adaptar recursos digitales a alumnado con necesidades específicas (según DUA)?	
¿Qué dominio tienes del Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente y su aplicación en tu planificación docente?	
Experiencia previa en programación y robótica educativa	
Escala de valoración de la respuesta: 0 = Sin conocimientos a 5 = Dominio absoluto	
Pregunta	Respuesta
¿Has utilizado kits como micro:bit, Crumble, Nezha o True True o similares en el aula?	
¿Qué nivel tienes programando en entornos como Scratch o MakeCode?	
¿Has participado en algún proyecto de robótica educativa en tu centro?	
¿Has asistido a formaciones oficiales o te has formado sobre programación o pensamiento computacional?	
¿Qué grado de autonomía tienes para planificar actividades con sensores, actuadores o controladores físicos?	
¿Has diseñado situaciones de aprendizaje integrando tareas de programación con otras áreas curriculares?	
¿Qué experiencia tienes en el trabajo interdisciplinar con robótica (ej. proyectos STEAM)?	
¿Con qué frecuencia evalúas con tu alumnado procesos de diseño, codificación o resolución algorítmica?	
¿Qué familiaridad tienes con conceptos como bucles, condicionales, eventos o secuencias?	
¿Qué nivel tienes en el uso de rúbricas o escalas para evaluar actividades con programación o robótica?	
Actitudes hacia la robótica educativa	
Escala de valoración de la respuesta: 0 = Sin conocimientos a 5 = Dominio absoluto	
Pregunta	Respuesta
¿Consideras que la robótica tiene un valor añadido en el desarrollo de las competencias clave?	
¿Qué motivación personal tienes para incorporar la robótica a tus prácticas docentes?	
¿Cómo valoras su impacto en la participación y autonomía del alumnado?	
¿En qué medida la robótica puede favorecer la inclusión educativa?	
¿Qué percepción tienes sobre la carga de trabajo que implica integrar estos recursos?	
¿Crees que el uso de kits de robótica puede aplicarse de forma transversal en distintas áreas?	
¿Qué nivel de confianza tienes para gestionar una sesión con kits en el aula ordinaria?	
¿Qué disposición muestras ante la posibilidad de asumir liderazgo en tu ciclo o etapa sobre este tema?	
¿Qué importancia otorgas a la formación continua en este ámbito en tu desarrollo profesional?	
¿Qué percepción tienes sobre la respuesta de las familias ante actividades con robótica?	
Necesidades formativas y preferencias de acompañamiento	
Escala de valoración de la respuesta: 0 = Sin conocimientos a 5 = Dominio absoluto	
Pregunta	Respuesta

¿En qué medida necesitas formación en programación por bloques (ej. Scratch, MakeCode)?	
¿Qué nivel de interés tienes en formarte sobre el uso específico de los kits disponibles en el centro?	
¿Qué modalidad de formación prefieres (presencial, virtual, entre iguales, aula activa)?	
¿Consideras necesaria una secuenciación progresiva del aprendizaje de robótica por ciclos?	
¿Qué importancia das al acompañamiento entre iguales o mentorización interna?	
¿Qué tipo de recursos formativos consideras más útiles (videotutoriales, sesiones prácticas, guías)?	
¿Te gustaría participar en comunidades de práctica docentes sobre programación o robótica?	
¿En qué medida consideras útil compartir prácticas de aula dentro del centro como forma de formación?	
¿Estás dispuesto/a a liderar o codiseñar propuestas con otros docentes en este ámbito?	
¿Consideras que la formación debería integrarse en las reuniones de ciclo o claustro?	
Condiciones de implementación en el aula	
Escala de valoración de la respuesta: 0 = Sin conocimientos a 5 = Dominio absoluto	
Pregunta	Respuesta
¿Qué nivel de acceso tienes a ordenadores, tablets o kits tecnológicos en tu aula?	
¿Tu aula permite reorganización flexible del espacio (trabajo cooperativo, rincones, estaciones)?	
¿Puedes utilizar recursos digitales en tu programación semanal con regularidad?	
¿Dispones de tiempo suficiente para preparar actividades con robótica dentro de tu horario laboral?	
¿Qué grado de autonomía tienes para integrar robótica sin depender exclusivamente del coordinador TIC?	
¿Qué limitaciones identificas en tu aula para implementar estas actividades (espacio, ruido, conectividad)?	
¿Con qué frecuencia puedes contar con apoyo docente (PT, AL, desdobles, etc.) durante estas sesiones?	
¿Qué facilidad tienes para compartir material o espacio con otras aulas o niveles?	
¿Qué nivel de integración tienen las actividades tecnológicas en tu programación anual?	
¿Qué grado de dificultad supondría evaluar situaciones de aprendizaje que integren robótica?	
Predisposición a la colaboración docente	
Escala de valoración de la respuesta: 0 = Sin conocimientos a 5 = Dominio absoluto	
Pregunta	Respuesta
¿Con qué frecuencia compartes materiales y recursos con compañeros/as del ciclo o etapa?	
¿Qué disposición muestras para diseñar propuestas interdisciplinares con otros especialistas?	
¿Participas habitualmente en reuniones de reflexión pedagógica más allá de las obligatorias?	
¿Qué interés tienes en formar parte de un equipo impulsor para la robótica educativa en el centro?	
¿Qué apertura tienes a recibir observación o retroalimentación de tu práctica con robótica?	
¿Qué nivel de compromiso mostrarías para coordinar o registrar avances colectivos?	
¿Estás dispuesto/a a adaptar tu programación a propuestas conjuntas de innovación?	
¿Qué importancia das al aprendizaje docente basado en la experiencia compartida?	
¿Cómo valoras la posibilidad de planificar por proyectos entre ciclos?	
¿Qué utilidad ves en generar documentos comunes que recojan buenas prácticas?	

Anexo 12. Tabla 12. Parrilla de observación de aula.

Parrilla de observación de aula				
Dimensión observada	Indicador concreto	Tipo de escala	Categorías o valores esperados	Campo de observación /comentario
Integración metodológica	Uso de metodologías activas (ABP, cooperativo, etc.)	Escala Likert (1-4)	1=Nulo, 2=Ocasional, 3=Frecuente, 4=Sistemático	
	Nivel de implicación del alumnado en la tarea	Escala Likert (1-4)	1=Bajo, 2=Moderado, 3=Alto, 4=Muy alto	
Uso de recursos tecnológicos	Presencia y uso de dispositivos en la sesión	Doble entrada (Sí/No + nº dispositivos)	Sí / No + nº exacto	
	Uso pedagógico del recurso, no solo técnico	Escala Likert (1-4)	1=Instrumental, 2=Mixto, 3=Didáctico, 4=Transformador	
Inclusión y accesibilidad	Adaptaciones para diversidad o estilos de aprendizaje	Escala cualitativa	Ninguna / Mínimas / Visibles / Sistemáticas	
Interacción docente-alumnado	Estilo de retroalimentación del docente	Escala cualitativa + ejemplos	Evaluativa / Motivadora / Guiada / Dialógica	
Organización del espacio	Distribución física del aula	Registro descriptivo	Tradicional / Flexible / Por equipos / Por rincones	
Clima de aula	Colaboración, respeto y seguridad entre iguales	Escala Likert + comentario	1=Bajo, 2=Moderado, 3=Alto, 4=Muy alto	
Observaciones generales	Aspectos no previstos en la parrilla	Texto libre		

Anexo 13. Tabla 13. Rúbrica de unidades didácticas.

Rúbrica de unidades didácticas						
Dimensión evaluada	Indicador	Nivel 1 - Inicial	Nivel 2 - En desarrollo	Nivel 3 - Consolidado	Nivel 4 - Excelente	Observaciones
Alineación curricular	La unidad está vinculada con competencias clave, saberes básicos y objetivos de etapa según LOMLOE.	No hay referencia explícita al currículo ni a competencias.	Se mencionan elementos curriculares, pero sin integración clara.	La unidad está alineada con el currículo y competencias de forma coherente.	Los elementos curriculares están completamente integrados y contextualizados.	
Integración de la robótica	Se justifica el uso del kit/lenguaje como herramienta para la resolución de una tarea significativa.	Uso anecdótico del kit sin conexión con el objetivo de aprendizaje.	La robótica se utiliza con propósito, pero de forma limitada o poco justificada.	La robótica es esencial para lograr el producto o resolver la tarea.	La robótica se emplea de forma innovadora y adaptada al contexto del alumnado.	
Metodología activa	La secuencia se basa en ABP, enfoque STEAM, aprendizaje cooperativo o cualquier otra.	Predomina la instrucción directa sin implicación del alumnado.	Se incluye alguna estrategia activa, pero sin continuidad.	La propuesta se organiza desde una metodología activa con tareas significativas.	Las metodologías se aplican de forma sólida, con autonomía del alumnado.	
Inclusión y accesibilidad	Se incorporan principios del DUA, apoyos escalonados y adaptaciones para atender a la diversidad.	No hay adaptaciones ni atención a la diversidad.	Se introducen apoyos generales, pero no específicos.	Se aplican principios del DUA con medidas concretas.	La propuesta garantiza accesibilidad plena y personalización del aprendizaje.	
Evaluación competencial	Incluye instrumentos variados que recogen evidencias de aprendizaje real del alumnado.	No hay criterios claros de evaluación ni evidencias.	Se plantean criterios, pero los instrumentos no son adecuados.	Los instrumentos permiten recoger evidencias alineadas con las competencias.	La evaluación es formativa, diversificada y útil para retroalimentar.	
Transferencia y conexión interdisciplinar	La propuesta favorece conexiones con otras áreas y contextos reales del alumnado.	Actividad aislada sin conexión con otros saberes o contextos.	Hay conexiones superficiales o no explícitas.	Se articula una integración interdisciplinar coherente.	La propuesta fomenta la transferencia y la contextualización profunda.	

Anexo 14. Acta reflexiva de ciclo o nivel.

Campos a registrar en el acta.

Centro educativo:

Ciclo o Nivel:

Fecha de la reunión reflexiva:

Unidad didáctica o situación analizada:

Participantes (nombres y perfiles profesionales):

Síntesis de la intervención aplicada (breve descripción):

Fortalezas observadas:

Dificultades encontradas:

Propuestas de mejora:

Valoración global del equipo docente:

Decisiones y acuerdos adoptados:

Relación con los indicadores del Matriz de indicadores (Anexo 9):

Observaciones finales:

Anexo 15. Entrevistas semiestructuradas a equipo directivo, coordinación TIC y consejo escolar.

1. Entrevista al Equipo Directivo

1. ¿Cuál es su valoración general del proyecto de institucionalización de la robótica educativa?
2. ¿Cómo se alinea esta iniciativa con los planes estratégicos del centro (PEC, PGA, etc.)?
3. ¿Qué grado de implicación observa en el claustro respecto a este proceso?
4. ¿Qué recursos organizativos considera disponibles y cuáles representan una limitación?
5. ¿Cómo se prevé la sostenibilidad de este modelo a medio y largo plazo?
6. ¿Se contempla su incorporación formal en los documentos institucionales?
7. ¿Qué compromisos asume el equipo directivo para liderar o acompañar el proceso?

2. Entrevista a la Coordinación TIC

8. ¿Cuál es la situación actual de la infraestructura digital del centro?
9. ¿Qué nivel de competencia digital observa en el profesorado?
10. ¿Qué necesidades de formación considera prioritarias?
11. ¿Se ha participado previamente en proyectos similares (ABP, STEAM, etc.)?
12. ¿Qué dificultades técnicas o pedagógicas anticipa?
13. ¿Cómo se articula esta propuesta con otros planes institucionales (Competencia Digital Docente, Biblioteca Digital...)?

3. Entrevista a Representantes del Consejo Escolar

14. ¿Cuál es su nivel de conocimiento del Programa Código Escuela 4.0?
15. ¿Qué expectativas manifiestan las familias respecto al uso de robótica educativa?
16. ¿Cómo perciben el impacto de esta propuesta en la motivación y la equidad del alumnado?
17. ¿Considera que ha habido suficiente información y participación de la comunidad educativa?
18. ¿Cómo valora la estrategia institucional de implementación desde el consejo escolar?

Anexo 16. Portafolio docente individual

1. Datos personales y de contexto

Nombre del docente:

Área o especialidad:

Nivel o curso impartido:

Competencia digital inicial (según MRCDD):

2. Plan personal de desarrollo profesional

Objetivos personales relacionados con la robótica y la programación educativa:

-
-
-

3. Registro de acciones formativas

Formaciones realizadas:

Título – Institución – Fecha – Aplicabilidad en el aula:

Reflexión breve sobre su utilidad:

4. Diseño de una unidad didáctica integrada

Título de la unidad:

Ciclo y nivel:

Kits y lenguajes utilizados:

Competencias clave trabajadas:

Síntesis metodológica:

Evaluación prevista:

5. Evidencias de aula

Descripción de evidencias adjuntas (pueden ser anexadas o referenciadas):

- Fotografías
- Programaciones
- Rúbricas
- Capturas de pantalla
- Otros

6. Autoevaluación con el MRCDD

Dominio general actual:

Fortalezas detectadas:

Áreas de mejora:

Formación deseada:

7. Reflexión docente

¿Qué he aprendido durante este proceso?

¿Cuáles han sido los mayores retos?

¿Qué ha cambiado en mi forma de enseñar?

8. Valoración del proceso y propuestas futuras

Valoración global del uso de la robótica en mi aula:

Propuestas de mejora personal o institucional para el próximo curso: