

¿Qué tipo de centros de FP tiene mayor capacidad digital? Un estudio de NCA y QCA

What kind of VET schools have higher digital capacity? An NCA and QCA study

  **Dña. Ane Zubizarreta Pagalda**

Mondragon Unibertsitatea. España

  **Dra. Victoria I. Marín**

Universitat de Lleida. España

  **Dra. Ainara Imaz Agirre**

Mondragon Unibertsitatea. España

Recibido: 2025/04/02; **Revisado:** 2025/04/18; **Aceptado:** 2025/07/09; **Online first:** 2025/08/29; **Publicado:** 2025/09/01

ABSTRACT

VET institutions are involved in a rapid process of digital transformation, but despite the investments, expected changes have not been achieved. Thus, this study identifies the necessary and sufficient conditions for a high digital capacity of schools. For this, NCA and QCA were conducted from 21 basic VET institutions, analysing data from SELFIE, INCOTIC 2.0 and COMDID A. Considering students' digital competence (SDC) perception, teachers' digital competence (TDC) perception, infrastructure, digital plan and leadership as conditions for a high digital capacity of school, the results revealed that a high level of TDC and digital plan level are necessary for a full degree of digital capacity. According to sufficient conditions, infrastructure is essential for successful digital implementation in schools, but SDC or TDC are also crucial to ensure effective technology use. As a conclusion, the article provides valuable insights into VET institutions' digitalisation to benefit their digital transformation processes.

RESUMEN

Los centros de FP están inmersos en un rápido proceso de transformación digital; sin embargo, a pesar de la inversión realizada, no se han logrado los cambios esperados. Por lo tanto, este estudio identifica las condiciones necesarias y suficientes para lograr alta capacidad digital en los centros de formación. Para ello, se realizaron análisis NCA y QCA en 21 centros de FP básica y se analizaron datos de SELFIE, INCOTIC 2.0 y COMDID A. En dichos análisis, se consideró que las condiciones para que los centros logren alta capacidad digital son las siguientes: la percepción de la competencia digital del alumnado (CDA), la percepción de la competencia digital docente (CDD), la infraestructura, el plan digital y el liderazgo. Los resultados revelaron que se necesita alto nivel de CDD y un plan digital para lograr el grado completo de capacidad digital. Según las condiciones suficientes, la infraestructura es esencial para el éxito de la implementación digital en las escuelas, pero la CDA o CDD también son imprescindibles para garantizar el uso efectivo de la tecnología. Como conclusión, el artículo proporciona valiosas perspectivas sobre la digitalización de los centros de FP, orientadas a facilitar los procesos de transformación digital de dichos centros.

KEYWORDS - PALABRAS CLAVE

Digital transformation, vocational education and training, digital capacity, QCA, NCA.

Transformación digital, educación y formación profesional, capacidad digital, QCA, NCA.



1. Introducción

La tecnología digital influye en todos los niveles y aspectos educativos, así como en todos los actores principales (Castañeda et al., 2023). La educación y la formación profesional (FP) está estrechamente relacionada no solo con la educación sino también con el mercado laboral, por esa razón se trata de un nivel educativo clave, que proporciona al alumnado las competencias y las habilidades necesarias para desempeñar profesiones actuales y futuras (Kovalchuk et al., 2023). En concreto, se subraya la importancia de la transformación digital de los centros de FP porque brinda una oportunidad única de aumentar las perspectivas de empleo en el contexto de la transformación digital del mercado laboral.

En ese sentido, para que la transformación digital sea satisfactoria, las instituciones educativas deben aumentar su capacidad digital, teniendo en cuenta la cultura, las políticas y la infraestructura del centro de formación, así como la competencia digital del alumnado (CDA) y la competencia digital docente (CDD), a fin de favorecer la integración efectiva de la tecnología (Costa et al., 2021). Una de las prioridades estratégicas para lograr dicho objetivo es abordar la necesidad de planificación y desarrollo efectivos de la capacidad digital (Comisión Europea, 2020).

Sin embargo, según el resultado de diversos estudios, a pesar de la inversión realizada en la integración de la tecnología, no se ha logrado la transformación esperada en los centros de formación (Delgado et al., 2015). En numerosos estudios se afirma que la integración de las tecnologías digitales en educación es un fenómeno complejo y que son varios los factores que contribuyen a su integración efectiva (García Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023). No obstante, cabe destacar que, aunque se han analizado los factores que influyen en la transformación digital de la educación, hasta la fecha, según los datos disponibles, no se ha hecho ningún estudio que analice las condiciones que una institución educativa debe reunir para llevar a cabo un proceso adecuado de transformación digital. Por esa razón, el objetivo de este estudio es analizar las condiciones necesarias y suficientes que deben reunir los centros de FP básica de la Comunidad Autónoma Vasca (CAV) para lograr alta capacidad digital, de manera que sea posible ayudarlos a dirigir su atención a los factores clave, además de guiarlos en el desarrollo de un proceso de transformación digital efectiva.

2. Marco teórico

2.1. Transformación digital y capacidad digital de los centros educativos

La transformación digital en educación se define como un conjunto de cambios sincronizados que se producen en la cultura, la fuerza laboral, la tecnología y los modelos educativos y que rediseñan los procesos, los planes estratégicos y las propuestas de valor de la institución (Brooks & McCormack, 2020). Es un proceso complejo, que exige cambios transformadores a gran escala, que van más allá de los aspectos técnicos de la tecnología y de la infraestructura (Pettersson, 2021).

En Europa, la transformación digital de la educación se ha marcado como una prioridad desde que se ha reconocido el potencial de las tecnologías digitales para lograr que la educación sea inclusiva y de gran calidad (Castañeda et al., 2023). Una de las prioridades estratégicas establecidas en el Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027 consiste en

«fomentar el desarrollo de un ecosistema educativo digital de alto rendimiento». Se destaca, además, la necesidad de planificación y desarrollo efectivos de la capacidad digital (Comisión Europea, 2020, p. 10). Sin embargo, a pesar de haber hecho numerosas inversiones para integrar las tecnologías digitales en la educación, muchos centros de formación no han logrado aún la transformación deseada (Delgado et al., 2015).

Para que la transformación digital se realice con éxito en la educación, los centros de formación deben aumentar sus niveles de capacidad digital, teniendo en cuenta en dicho proceso la infraestructura, la CDA y la CDD, a fin de que la integración de la tecnología sea efectiva (Costa et al., 2021). Por capacidad digital, se entiende la integración efectiva de la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los centros de formación, mediante el entorno cultural, las políticas y la infraestructura de dichos centros, junto con la CDA y CDD (Costa et al., 2021). Sin embargo, para lograr la capacidad digital, resulta también esencial el rol del centro en la implantación de las estrategias digitales (Giannoutsou et al., 2023). De ahí que la cultura de innovación ascendente sea necesaria para que la educación digital sea satisfactoria (Giannoutsou et al., 2023). La incorporación de las tecnologías digitales en la educación depende de las características de cada centro de formación (Castaño Muñoz et al., 2023), y puede suceder que dos centros con la misma infraestructura, recursos humanos y alumnado logren resultados absolutamente distintos en cuanto a su capacidad digital (Solar et al., 2013). Por consiguiente, es esencial que el equipo directivo del centro colabore con el resto de personas implicadas a la hora de determinar el enfoque de la implementación de la tecnología digital (Solar et al., 2013).

La Comisión Europea diseñó la herramienta SELFIE, tomando como base el marco DigCompOrg (Kampylis et al., 2015), para ayudar a los centros de formación a tomar decisiones informadas sobre el uso de las tecnologías digitales (Giannoutsou et al., 2023). SELFIE es una herramienta de reflexión personal que recoge información sobre miembros directivos, profesorado y alumnado de los centros formación para determinar el modo de implementación de la digitalización en el centro (Giannoutsou et al., 2023). Dicha herramienta proporciona información a los centros sobre su capacidad digital y tiene en cuenta la participación de todos los miembros (Kampylis et al., 2016). El objetivo principal de SELFIE es, por tanto, ayudar a los centros a obtener una visión holística de las estrategias organizacionales para la transformación digital (Kampylis & Sala, 2023).

SELFIE se considera una valiosa herramienta para llevar a cabo los planes de desarrollo digital en los centros de formación porque permite comprender adecuadamente las condiciones y la realidad del centro y, además, fomenta la participación de toda la comunidad en la elaboración del plan digital (Castañeda et al., 2023). Los centros de formación necesitan un plan digital para lograr la visión adecuada, y es fundamental que dicho plan se elabore partiendo de la capacidad digital del centro, mediante la reflexión conjunta y la cooperación de toda su comunidad (García Grau et al., 2022; Solar et al., 2013). El grado de éxito del centro en la consecución de la capacidad digital dependerá de la calidad y la madurez del plan. Por ese motivo, los centros deberán hacer el seguimiento del progreso de la implementación e identificar posibles necesidades, obstáculos y oportunidades, avanzando hacia un proceso de evaluación continua (Solar et al., 2013). El Ministerio Español de Educación, Formación Profesional y Deportes recomienda el uso de SELFIE como fase preparatoria para la creación del plan digital (Castañeda et al., 2023). Se considera una herramienta útil para identificar las fortalezas y las debilidades del centro en cuanto al uso de las tecnologías digitales y se ha reconocido su impacto en los aspectos

estratégicos y organizacionales de la transformación digital del centro (Giannoutsou et al., 2023).

2.2. Factores influyentes en la transformación digital de los centros de formación

Se han llevado a cabo numerosas revisiones sistemáticas para analizar los diversos factores interconectados que pueden promover un cambio efectivo en el entorno digital del centro de formación (Garcia Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023). En dichos análisis, se concluye que los siguientes factores influyen en la transformación digital de los centros: la CDA, la CDD, la infraestructura (Garcia Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022), el liderazgo y la visión digital del centro (Timotheou et al., 2023). Otros factores serían las características personales del profesorado, la procedencia socioeconómica del alumnado y del centro de formación y el desarrollo profesional.

2.2.1. *La competencia digital del alumnado (CDA) y competencia digital docente (CDD)*

La integración de la tecnología en la educación va mucho más allá del simple uso de herramientas digitales, ya que ser digitalmente competente implica saber usar las tecnologías digitales de forma segura, crítica y responsable para aprender, trabajar e involucrarse en la sociedad (Castañeda et al., 2023). El proceso de transformación digital requiere nivel elevado de CDA y CDD (Costa et al., 2021; Garcia Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023). Por un lado, la CDA debe ser suficiente para utilizar las herramientas digitales de forma adecuada, ya que si el alumnado carece de las habilidades digitales necesarias, no podrá beneficiarse al máximo de la enseñanza y del entorno digital (Higgins et al., 2012). Por otro lado, el modo en que el profesorado integra las tecnologías digitales en las clases influye en el impacto de dichas tecnologías (Timotheou et al., 2023). Un estudio concluyó que hay una fuerte relación positiva entre la CDD y el uso de las tecnologías digitales por parte del alumnado (Delgado et al., 2015).

Por CDD, se entiende un conjunto de capacidades, habilidades y actitudes que las personas educadoras deben adquirir para implementar del mejor modo las tecnologías digitales en sus prácticas de enseñanza y en su desarrollo profesional (Lázaro Cantabrina et al., 2019). Si la CDD o su familiarización con las tecnologías es limitada, puede suponer un obstáculo para el uso efectivo de las tecnologías digitales en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Delgado et al., 2015). La CDA y la CDD son, por tanto, esenciales para la transformación digital, dado que, cuando el profesorado integra adecuadamente las tecnologías digitales, el alumnado que dispone de las habilidades digitales adecuadas puede beneficiarse del entorno digital en su proceso de aprendizaje (Garcia Grau et al., 2022).

2.2.2 *Infraestructura*

La infraestructura tecnológica es otro factor que influye en la transformación digital de los centros de formación (Kampylis & Sala, 2023; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023), dado que es esencial contar con un equipamiento adecuado que favorezca el desarrollo del alumnado y responda a sus necesidades (Garcia Grau et al., 2022). Sin

embargo, los centros deben tener en cuenta el rápido desarrollo de las tecnologías digitales y, en consecuencia, actualizarlas constantemente (Kovalchuk et al., 2022). Disponer de las habilidades necesarias y tener acceso a equipamiento de gran calidad favorece que el alumnado y el profesorado sientan confianza y motivación con respecto al uso de las tecnologías digitales (Kovalchuk et al., 2022), dado que la calidad y la cantidad de las actividades educativas se verán aumentadas (Timotheou et al., 2023).

La infraestructura digital a menudo se entiende como la base del éxito de la transformación digital, dado que no se puede promover la transformación digital si no se cuenta con el equipamiento digital adecuado (Ifenthaler et al., 2021). No obstante, la infraestructura por sí sola no garantiza automáticamente el uso de las tecnologías digitales. Si el profesorado y el alumnado no las considera útiles (Kampylis & Sala, 2023), o si no cuentan con habilidades digitales suficientes para integrarlas en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Condie & Munro, 2007), no podrán utilizarlas de forma óptima.

2.2.3 Liderazgo y visión digital compartida

El liderazgo y la visión compartida de la implementación digital en el centro de formación son factores que influyen en la transformación digital de los centros (Timotheou et al., 2023). En esa línea, se necesitan procesos claros, definidos y organizados de forma estructurada para que la implementación de la tecnología resulte adecuada (Solar et al., 2013). Es más, además de definir la estrategia, es fundamental que la implementación se revise y se evalúe regularmente (Costa et al., 2021; Solar et al., 2013).

Para que la implementación digital sea eficaz, se necesita una estrategia compartida y colectiva (Pulfrey & Caneva, 2022) puesto que la transformación solo será posible si todos los actores tienen una visión compartida de la digitalización en la educación (Timotheou et al., 2023). El profesorado tiene mayor competencia colectiva cuando considera que está involucrado en la estrategia digital del centro, recibe apoyo del equipo directivo y se le anima a seguir desarrollando experiencias digitales (Pulfrey & Caneva, 2022).

Se han realizado numerosos estudios sobre la interconexión de los factores que influyen en la capacidad y la transformación digital de los centros educativos (García Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023), pero, según los datos disponibles hasta la fecha, no se ha hecho ningún análisis en profundidad sobre las relaciones entre los factores que favorecen la alta capacidad digital. En ese sentido, es cierto que en diversos trabajos se sugieren estrategias para promover la transformación digital en los centros de formación (García Grau et al., 2022; Timotheou et al., 2023) y se debaten obstáculos que podrían ser clave (Kovalchuk et al., 2022); sin embargo, ningún estudio ha abordado las condiciones que debe cumplir una institución educativa para formular un proceso adecuado de transformación digital. Aunque las características de cada centro de formación influyen en su grado de capacidad digital (Castaño Muñoz et al., 2023), conviene especificar los requisitos básicos, es decir, las condiciones y las combinaciones de condiciones fundamentales para que los centros logren alta capacidad digital. Por tanto, comprender las condiciones necesarias y suficientes para lograr alta capacidad digital ayudaría a los centros a centrarse en los elementos clave para conseguir sus objetivos y les serviría de guía para desarrollar procesos efectivos de transformación digital. Por esa razón, los objetivos de este estudio son los siguientes:

1. Identificar las condiciones necesarias para lograr alto grado de capacidad digital en centros FP de la CAV.
2. Identificar las condiciones suficientes para lograr alto grado de capacidad digital en los centros de formación.

Las preguntas de investigación relacionadas son las siguientes:

PI1: ¿Hasta qué punto la CDA, la CDD, la infraestructura, la planificación digital y el liderazgo son necesarios para lograr alto grado de capacidad digital en un centro de formación?

PI2: ¿Qué configuración de CDA, CDD, infraestructura, planificación digital y liderazgo es la más idónea para lograr alto grado de capacidad digital en el centro de formación?

3. Metodología

3.1. Muestra

Los datos empleados para desarrollar el modelo se han obtenido de los centros de Educación y Formación Profesional de la CAV, en particular, de centros que ofrecen programas de FP diurnos. La muestra está formada por 161 docentes y 857 estudiantes, de 21 centros de formación. Los datos se recogieron entre abril y mayo de 2023. Las condiciones y el resultado extraído de los cuestionarios se han enumerado en la Tabla 1.

Tabla 1

Descripción de las condiciones y del resultado analizados en el modelo desarrollado

<i>Condiciones</i>	
CDA	<i>Media de la competencia digital del alumnado de cada centro (media de las dimensiones de INCOTIC 2.0).</i>
CDD	<i>Media de la competencia digital del profesorado de cada centro (media de las dimensiones de COMDID A).</i>
INFRA	<i>Media de la visión del profesorado de cada centro sobre la infraestructura</i>
PD	<i>Media de la visión del profesorado de cada centro sobre el plan digital</i>
LIDE	<i>Media de la visión del profesorado de cada centro sobre el liderazgo en la digitalización</i>
<i>Resultado</i>	
GCD	<i>Media del grado de capacidad digital de cada centro (media de las áreas SELFIE)</i>

3.2. Instrumentos

3.2.1. SELFIE: Medición de la capacidad digital de los centros de formación

La herramienta SELFIE se utilizó para medir la capacidad digital de los centros participantes. Se utilizaron cuestionarios para recabar información del equipo directivo, profesorado y alumnado de cada centro sobre su experiencia en la implementación digital en sus centros (Comisión Europea, 2022). El cuestionario dirigido al equipo directivo y al profesorado contenía 31 ítems; y el dirigido al alumnado, 18 ítems. En todos los ítems se utilizó la escala de Likert de cinco puntos, que incluía la opción «No aplicable» (N/A). Cada perfil (miembros del equipo directivo, profesorado y alumnado) respondió a preguntas relacionadas con ocho (8) áreas SELFIE. Por esa razón, la herramienta SELFIE permitió obtener una visión general de la implementación de las tecnologías digitales en las escuelas participantes (Comisión Europea, 2022). Las ocho áreas mencionadas fueron las siguientes: liderazgo; colaboración y redes; infraestructura y equipamiento; desarrollo profesional continuo; pedagogía: apoyo y recursos; pedagogía: implementación en el aula; prácticas de evaluación; competencia digital del alumnado.

3.2.2. COMDID A: Medición de la competencia digital docente (CDD)

Se utilizó un cuestionario validado, denominado COMDID A, para recoger las percepciones sobre la CDD (Usart Rodríguez et al., 2020). El cuestionario estaba estructurado en tres secciones: información demográfica, percepciones de CDD, visión del centro y frecuencia de uso de la tecnología digital. La información demográfica englobaba el nombre del centro, el género del profesorado, la edad y los años de experiencia como docente en el centro. La sección sobre las percepciones acerca de la CDD contenía 22 ítems, medidos en una escala de Likert de cinco puntos, divididos en cuatro dimensiones: aspectos didácticos, curriculares y metodológicos; planificación, organización y gestión de los espacios y los recursos digitales; aspectos relacionales, éticos y de seguridad; aspectos personales y profesionales.

Tres de los ítems recogían las percepciones del profesorado sobre la visión del centro (infraestructura, plan digital y liderazgo) y otros 17 ítems abordaban la frecuencia de uso de la tecnología digital.

3.2.3. INCOTIC: Medición de la competencia digital del alumnado (CDA)

Se utilizó un cuestionario validado, denominado INCOTIC 2.0, para recoger las percepciones sobre la CDA (González-Martínez et al., 2018). El cuestionario estaba dividido en cinco secciones: información demográfica, perfil tecnológico, percepción de la capacidad digital, actitud hacia las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y tecnoética. La información demográfica englobaba el nombre del centro, el género del alumnado y el tipo de estudios. El resto de los ítems se respondieron usando una escala de Likert de cinco puntos. Cuatro de los ítems recogieron información sobre el perfil tecnológico de las personas participantes. La sección de las percepciones sobre la CDA estaba compuesta por 19 ítems, divididos en cuatro dimensiones: información, tecnología, multimedia y comunicación.

Nueve de los ítems se centraban en las actitudes del alumnado hacia las TIC y cinco de ellos medían las percepciones tecnoéticas.

3.3. Recogida de datos

Los datos se han recogido a través de encuestas *online*. Se proporcionó un enlace a los participantes para que accediesen directamente a los cuestionarios COMDID-A o INCOTIC 2.0. La persona coordinadora de SELFIE en cada centro proporcionó los enlaces a dicha herramienta, dado que cada perfil (miembro directivo, profesorado, alumnado) tiene su propio enlace (Anexo A: Tabla A1). Tras completar todas las encuestas, se solicitó el informe SELFIE a todos los centros. Se obtuvo el consentimiento informado de todas las personas participantes y se mantuvo la confidencialidad y el anonimato durante todo el proceso de investigación. El estudio se hizo siguiendo los principios éticos recogidos en la Declaración de Helsinki y las directrices de la Asociación Americana de Psicología.

3.4. Análisis

En primer lugar, se identificaron las condiciones para la capacidad digital a partir de las respuestas del cuestionario y se calculó la puntuación media de cada condición para cada centro. Las condiciones analizadas se definen del siguiente modo:

- CDA: se midió a través de INCOTIC 2.0, y representa las percepciones del alumnado sobre su competencia digital.
- CDD: se midió a través de COMDID A, y representa las percepciones del profesorado sobre su competencia digital.
- INFRA, PD y LIDE: se midieron a través de COMDID A y representan las percepciones del profesorado participante acerca del contexto del centro (infraestructura, plan digital y liderazgo).
- GCD: se midió a través de SELFIE, con la reflexión del alumnado, del profesorado y de las figuras líderes del centro, en cuanto a la capacidad digital general de la institución.

Se seleccionó el análisis de las condiciones necesarias (NCA) y el análisis cualitativo comparativo (QCA) para investigar las condiciones clave que permiten lograr alta capacidad digital en los centros. El análisis NCA analiza el grado de condiciones necesarias para lograr el resultado e indica el nivel mínimo requerido para lograr alta capacidad digital (Dul, 2016). El análisis QCA explora múltiples vías causales e identifica las condiciones suficientes basándose en la pertenencia a un conjunto difuso (Ragin, 2000; Berné-Martínez et al., 2021). En este estudio, el modelo examina las condiciones necesarias y suficientes para lograr alto grado de capacidad digital en los centros de formación ($GCD = f(CDA, CDD, INFRA, PD, LIDE)$). Todos los análisis se han realizado utilizando R (versión 4.4.0).

Todas las variables de este estudio (CDA, CDD, INFRA, PD, LIDE) se han calibrado utilizando el método de calibración de *fuzzy set*, en el que los datos se han convertido utilizando una escala del 0 al 1 para la ausencia total de pertenencia, la ambigüedad máxima y la pertenencia total. De acuerdo con los estudios anteriores, se asignó

pertenencia total a los valores que superan la media en un 20 %, la media de la muestra representa la ambigüedad máxima y la ausencia total de pertenencia se estableció para valores situados un 50 % por debajo de la media (Anexo B: Tabla B1). Las medias de cada centro se calcularon a partir de las respuestas del cuestionario. Antes de realizar el análisis, se confirmó mediante una prueba de asimetría que los datos estaban dentro de los rangos teóricos aceptables. Asimismo, el análisis del punto intermedio aseguró la ausencia de casos situados en el umbral (Anexo B: Tabla B2).

Después de la calibración, se realizaron los análisis NCA y QCA para identificar las condiciones necesarias y explorar las combinaciones suficientes para lograr un alto grado de capacidad digital en los centros de formación. En el análisis cualitativo comparativo (QCA), la solución intermedia se generó teniendo en cuenta la expectativa direccional de que la infraestructura (INFRA) debe estar presente dado que sin equipamiento digital no es posible lograr una alta capacidad digital (Ifenthaler et al., 2021). Además, el análisis QCA se realizó utilizando el análisis estándar mejorado (ESA, según su nombre en inglés *Enhanced Standard Analysis*), con el fin de mejorar los resultados sobre suficiencia abordando de forma más explícita hipótesis contrafactualas. En el análisis de las condiciones suficientes realizado en este estudio se han utilizado los datos derivados del análisis QCA (Anexo B: Tabla B3) excluyendo los hallazgos derivados del análisis NCA. Dicha decisión se tomó para mantener la coherencia analítica dentro del marco teórico del análisis QCA. Finalmente, con el fin de determinar la robustez de los resultados del análisis QCA, se llevaron a cabo los dos análisis siguientes: análisis de robustez orientado al ajuste y análisis de robustez orientado a casos.

4. Resultados

4.1. Resultados relativos a las condiciones necesarias

Con el objetivo de analizar el grado de necesidad de las condiciones, se dibujó una regresión máxima con envolvente de libre disposición (CR-FDH), utilizando el valor p (< 0.05) y el tamaño del efecto (> 0.1).

Para lograr alta capacidad digital en los centros de formación, todas las condiciones son necesarias. Por consiguiente, para lograr niveles altos de resultado, se necesita que los niveles de las condiciones sean altos. Los tamaños del efecto son elevados para la infraestructura, el plan digital y las percepciones de la capacidad digital del alumnado y del profesorado (0.41, 0.33, 0.31 y 0.30, respectivamente), pero para el liderazgo se sitúan en la media (0.28). El cuello de botella (Anexo C: Tabla C1) muestra las condiciones necesarias para lograr un grado específico de alta capacidad digital en los centros de formación. Para lograr un nivel de resultado del 10 %, se necesita una percepción mínima de CDA (1.5) e infraestructura (5.6), y el resto de las condiciones no son necesarias. Sin embargo, para lograr plena capacidad digital (100 %), los valores mínimos necesarios de percepción de CDD y de plan digital se sitúan en 90.4; sin embargo, los de percepción de CDA (64.8), infraestructura (84.2) y liderazgo (73.8) son inferiores.

4.2. Resultados relativos a las condiciones suficientes

Con la finalidad de analizar la suficiencia de las condiciones para lograr el resultado, se elaboró una tabla de verdad en la que se enumeraron todas las combinaciones lógicas posibles de las condiciones causales para el resultado (alto grado de capacidad digital). A fin de garantizar la validez del análisis, como requisito para aceptar una combinación, se estableció una consistencia bruta ≥ 0.80 y un punto de corte de reducción proporcional en la consistencia (PRI, según su nombre en inglés) ≥ 0.65 , con anterioridad al procesamiento mediante el análisis de estándar mejorado (ESA). Seguidamente, se generó la solución intermedia mejorada, considerando la expectativa direccional de que la infraestructura debe estar presente. Los resultados muestran que la siguiente configuración favorece el logro de alto grado de competencia digital (Anexo C: Tabla C2): $CDA^*CDD^*INFRA^*\sim LIDE + CDA^*INFRA^*PD^*LIDE + CDD^*INFRA^*PD^*LIDE \rightarrow GCD$.

Para todas las configuraciones causales, los valores de las medidas de ajuste se consideran aceptables, dado que los valores de consistencia superan el umbral mínimo de 0.8. De hecho, se concluye que las configuraciones resultantes garantizan resultados potentes, ya que las soluciones generales de alto grado de capacidad digital tienen niveles de consistencia de 0.892. Con respecto a la cobertura, aunque no se ha establecido el umbral mínimo, se considera que cuanto mayor es la cobertura, mayor será la relevancia empírica de la solución. En este caso, con relación al alto grado de capacidad digital, los hallazgos muestran que el 78.1 % de los casos con alto grado de capacidad digital en el centro incluye las combinaciones mostradas en la tabla 5, dado que la cobertura global para alto grado de capacidad digital es 0.781. La configuración causal que ofrece mayor cobertura para la alta capacidad digital es $CDD^*INFRA^*PD^*LIDE$, con una cobertura de 0.652, cercana a $CDA^*INFRA^*PD^*LIDE$, con una cobertura de 0.610.

En esa línea, para observar si el valor relacionado con la incorporación de la infraestructura es una condición imprescindible, la solución intermedia se comparó con la solución conservadora. La solución obtenida resultó ser idéntica. Lo anterior muestra que las configuraciones obtenidas empíricamente son acordes con las expectativas teóricas, y que, por lo tanto, la presencia de la infraestructura, junto con otras condiciones, es esencial para lograr alta capacidad digital en los centros de formación.

Para determinar la robustez de los resultados de la investigación QCA, se llevaron a cabo dos análisis: análisis de robustez orientado al ajuste (*fit-oriented*) y análisis de robustez orientado a casos (*case-oriented*). La consistencia, los parámetros de frecuencia y los valores de reducción proporcional de la consistencia se variaron para llevar a cabo el análisis y se crearon tres modelos en total: un modelo con consistencia del 0.85, una frecuencia necesaria de 1 y un valor de reducción proporcional de la consistencia de 0.51; un modelo con consistencia de 0.85, una frecuencia necesaria de 2 y un valor de reducción proporcional de la consistencia de 0.51; un modelo con consistencia de 0.90, una frecuencia necesaria de 2 y un valor de reducción proporcional de la consistencia de 0.51.

Los resultados de los análisis de robustez orientados al ajuste y orientados a casos muestran un grado adecuado de ajuste (Anexo C: Tabla C3); sin embargo, la ratio de cobertura bruta (RCR_{typ}) resultó ser superior a 0.7 y la ratio de desviación de la cobertura (RCR_{dev}) inferior, en un rango de 3.

5. Discusión

En este estudio, se utilizaron análisis NCA y QCA, distintos de los análisis cuantitativos convencionales, para explorar las complejas combinaciones de condiciones que determinan la alta capacidad digital de los centros de FP Básica en la CAV. Si bien es cierto que la interconexión de los factores necesarios para la transformación digital de la educación se ha debatido en estudios previos (Garcia Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023), este estudio analiza con mayor profundidad la interconexión de los factores que se precisan para lograr alta capacidad digital en los centros de formación. Los resultados muestran con claridad que la capacidad digital de un centro de formación es el resultado de una combinación de condiciones. La consideración de las percepciones de la CDA ,de la CDD, de la infraestructura, de la planificación digital y del liderazgo como condiciones para lograr alta capacidad digital destacó la complejidad del fenómeno y nos permitió comprenderlo con mayor profundidad que la ofrecida por los análisis estadísticos convencionales. Por tanto, la contribución de NCA y QCA al análisis de la implementación digital en educación es muy relevante.

Con respecto a los resultados NCA, se halló que todas las condiciones resultan necesarias para lograr alta capacidad digital en los centros de formación. Sin embargo, para que un centro logre el grado completo de capacidad digital (100 %), el centro debe contar con gran nivel de percepción de CDD (90.4 %) y un plan digital sólido (90.4 %). Alcanzar grandes niveles en esas dos condiciones es esencial para lograr el 100 % de capacidad digital. Lo anterior no significa que el resto de las condiciones no sean relevantes, sino que no es tan esencial alcanzar unas puntuaciones elevadas para lograr plena capacidad digital. Desde el punto de vista teórico, es necesario el alto nivel de CDD puesto que el profesorado es clave para la integración de las tecnologías digitales en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Delgado et al., 2015; Garcia Grau et al., 2022; Timotheou et al., 2023). El profesorado con nivel bajo de CDD no podrá integrar adecuadamente la tecnología en sus prácticas, lo que generará un impacto negativo en la transformación digital del centro. Con relación al plan digital, resulta esencial alinear los recursos, los objetivos y las prácticas pedagógicas con una implementación tecnológica adecuada (Solar et al., 2013). Sin un plan digital claro y realista, las acciones digitales del centro carecerán de coherencia y los esfuerzos ofrecerán menores resultados, dado que se necesita un plan digital para que el trabajo de todo el centro se dirija a la consecución de los mismos objetivos (Pulfrey & Caneva, 2022; Timotheou et al., 2023).

Asimismo, el hecho de que el éxito total siga garantizado aún con valores inferiores en la percepción de la CDA (64.8 %), la infraestructura (84.2 %) y el liderazgo (73.8 %) significa que, aunque dichas condiciones son relevantes, no es necesario que alcancen niveles elevados. En cuanto a la percepción de la CDA, es importante destacar que incluso cuando el alumnado es usuario avanzado de la tecnología, si el profesorado no tiene los conocimientos suficientes sobre cómo impartir enseñanza o guiar a dicho alumnado estratégicamente, la CDA no se desarrollará y no será posible proporcionar un entorno enriquecedor con uso adecuado de las tecnologías digitales (Garcia Grau et al., 2022). Con respecto a la infraestructura, aunque los centros de formación cuenten con las tecnologías digitales más avanzadas, no podrán sacarle el máximo partido a dicha infraestructura sin una estrategia y sin un nivel determinado de CDD (Kampylis & Sala, 2023). Por último, el liderazgo digital sólido genera y promueve una cultura adecuada de innovación digital, pero sin profesorado que cuente con la debida formación y que comprenda las implicaciones de la digitalización en su centro, la visión será incompleta (Pulfrey & Caneva, 2022).

Con respecto a las condiciones suficientes, los resultados de este estudio han hallado tres configuraciones que favorecen una alta capacidad digital en los centros de formación. La primera de dichas configuraciones incluye alta CDA y CDD, una infraestructura adecuada y nivel bajo de liderazgo ($CDA^*CDD^*INFRA^*\sim LIDE$). Lo anterior se podría interpretar entendiendo que una infraestructura fuerte con gran nivel de competencia digital por parte de los actores clave compensaría la falta de liderazgo digital. De acuerdo con el enfoque teórico, el liderazgo digital es uno de los factores clave para fomentar el uso de las tecnologías digitales y crear una cultura adecuada para promover su uso (Timotheou et al., 2023). Sin embargo, la importancia del liderazgo decrece a medida que la competencia digital del alumnado y del profesorado aumentan, dado que no dependen de un fuerte liderazgo digital. Al fin y al cabo, el profesorado con alta CDD es capaz de integrar las tecnologías digitales en su práctica docente, y el alumnado puede beneficiarse del entorno tecnológico e interactuar si tiene el nivel necesario de CDA (Condie & Munro, 2007; Kampylis & Sala, 2023). Por consiguiente, la capacidad digital de los actores clave, además de una adecuada infraestructura, mitiga la falta de guía estratégica.

Otra de las configuraciones está compuesta por alta percepción de CDA, fuerte infraestructura, plan digital claro y liderazgo efectivo ($CDA^*INFRA^*PD^*LIDE$). El resultado sugiere que se puede lograr gran capacidad digital si un centro de formación tiene fuerte liderazgo digital y un plan digital definido. En ese escenario, el liderazgo digital guía y coordina el uso efectivo de la infraestructura digital, de acuerdo con el plan digital del centro, lo que garantiza que el alumnado desarrolle y utilice su CDA de forma eficaz. De acuerdo con las conclusiones de otros estudios, si el alumnado tiene las habilidades digitales adecuadas y el centro cuenta con una estrategia digital clara guiada por un equipo directivo eficaz (Solar et al., 2013), el alumnado será capaz de sacar el máximo beneficio de la enseñanza y del entorno digital (Higgins et al., 2012).

Una última configuración está compuesta por alta percepción de CDD, fuerte infraestructura, plan digital claro y liderazgo digital efectivo ($CDD^*INFRA^*PD^*LIDE$). Si el profesorado tiene alta CDD y acceso a infraestructura en un centro que cuenta con liderazgo y buena planificación digital, la CDA es menos crítica. Si la CDD es elevada y el profesorado entiende la visión del centro en cuanto a la implementación digital, el equipo docente podrá guiar al alumnado en su aprendizaje y asegurar que el entorno digital promueve el aprendizaje (Delgado et al., 2015; Timotheou et al., 2023).

En este estudio se destaca la importancia del alto nivel de infraestructura digital, dado que está presente en todas las configuraciones para lograr alta capacidad digital. Cabe concluir, por tanto, que la infraestructura es un requisito básico y un capacitador clave para lograr con éxito la implementación digital en los centros de formación. Una infraestructura adecuada resulta fundamental ya que proporciona recursos disponibles a todos los miembros del centro y les da la oportunidad de interactuar eficazmente con las herramientas digitales. Sin una infraestructura sólida, los centros de formación no podrán lograr capacidad digital efectiva (Ifenthaler et al., 2021).

Del mismo modo, se debe mencionar que la alta CDD o la CDA están presente en todas las configuraciones, lo que destaca el papel que desempeña en el proceso de implementación digital en los centros. Los resultados de este estudio muestran que incluso cuando los centros disponen de una infraestructura adecuada, también es necesaria alta CDA o del CDD. Dicho de otro modo, la infraestructura por sí sola no es suficiente, se necesita también una alta competencia digital por parte del profesorado o del alumnado para garantizar el uso adecuado y efectivo de las herramientas digitales (Condie & Munro,

2007; Kampylis & Sala, 2023). Si el profesorado no tiene suficientes habilidades digitales o el alumnado no está preparado para utilizar dichas herramientas, el potencial de la infraestructura disminuirá, incluso aunque la infraestructura del centro sea fuerte.

6. Conclusión

Este estudio contribuye significativamente a la literatura sobre transformación digital y capacidad digital en la educación. Además de corroborar los resultados de estudios previos realizados en el mismo campo (Garcia Grau et al., 2022; Kovalchuk et al., 2022; Timotheou et al., 2023), este estudio identifica las condiciones necesarias y suficientes para lograr alta capacidad digital en los centros de formación. Por consiguiente, este estudio ofrece valiosos conocimientos y comprensión exhaustiva a las personas encargadas de la toma de decisiones y la elaboración de políticas; y, desde un punto de vista más práctico, ofrece información a las personas al frente de los centros de formación acerca de los aspectos que deben trabajarse para desarrollar alta capacidad digital en sus centros, junto con posibles formas de abordarlos y de reflexionar sobre cómo promoverlos, tal y como se describe a continuación.

Los hallazgos de este estudio muestran claramente que la alta CDD y un plan digital sólido son condiciones necesarias para que los centros de formación logren alto grado de capacidad digital, junto con la presencia del resto de condiciones. En la misma línea, una infraestructura adecuada, combinada con alta CDA o CDD, es una condición esencial para la transformación digital efectiva de los centros de formación. Por consiguiente, no basta solo con la infraestructura, ya que la CDD o CDA debe estar igualmente presente. Sin embargo, es posible que esa combinación precise de otras condiciones necesarias para lograr alta capacidad digital.

De acuerdo con los resultados de este estudio, se pueden extraer varias recomendaciones prácticas. En primer lugar, resulta esencial que el profesorado cuente con alta CDD. Los centros de formación deberían establecer programas de desarrollo profesional específicos que ofrecen formación continua y se centran en aplicaciones prácticas de las herramientas digitales en el aula. Además, las iniciativas de mentoría a través de pares y las comunidades de aprendizaje colaborativo entre profesorado pueden promover la cultura de conocimientos técnicos compartidos y mejora continua. Dicho enfoque garantiza que el desarrollo de la CDD no se perciba como una tarea aislada, sino como una tarea colectiva y un proceso continuo insertado en la práctica diaria (Pulfrey & Caneva, 2022; Timotheou et al., 2023).

En segundo lugar, se debe dar prioridad al desarrollo y a la implementación de un plan digital sólido. Dicho plan debe articular objetivos claros y estrategias, además de asignar recursos para la integración de la tecnología en las actividades del centro. Es importante, además, que su diseño e implantación formen parte de un esfuerzo colectivo, con la implicación de profesorado, alumnado y equipo directivo, de forma que se garantice el sentido de propiedad compartida y una visión común de la digitalización. Los centros que promueven la participación activa del profesorado en las estrategias digitales y ofrecen apoyo por parte del equipo directivo crean competencias colectivas más fuertes y procesos de transformación digital más sostenibles (Pulfrey & Caneva, 2022).

En tercer lugar, si bien es cierto que una infraestructura adecuada es esencial para que la implementación digital sea satisfactoria, los centros deberían garantizar la disponibilidad

de equipos actualizados, su continua renovación y su adaptación a las tecnologías emergentes (Kovalchuk et al., 2022). La infraestructura, sin embargo, no debería tratarse como un elemento aislado, sino que debería ir acompañada de iniciativas que fortalezcan la CDA y CDD, de manera que la tecnología se integre de forma efectiva en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Condie & Munro, 2007; Kampylis & Sala, 2023). Esta alineación entre la infraestructura y las competencias garantiza que la inversión en tecnología se traduzca en valor pedagógico real e innovación sostenible.

Hay que destacar que en el estudio se han utilizado metodologías NCA y QCA, que rara vez se emplean en el campo de la educación (Cilesiz & Greckhamer, 2020). La aplicación de dichas metodologías nos permite confirmar que la capacidad digital de los centros de formación es un fenómeno complejo, en cuyo desarrollo influye gran variedad de factores. Tal y como se ha identificado en este estudio, hay múltiples factores y combinaciones de factores que contribuyen a la capacidad digital de un centro de formación, y el análisis de las diversas configuraciones añade valor al análisis estadístico tradicional.

Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela, dado que este estudio tiene ciertas limitaciones. En primer lugar, nuestros datos sobre condiciones de infraestructura, liderazgo y plan digital están basados en la perspectiva del profesorado, por lo que en el estudio no se ha incorporado la visión general de los centros. En segundo lugar, los datos de CDA y CDD no están basados en mediciones objetivas de sus niveles reales, sino en las percepciones personales del alumnado y del profesorado. En tercer lugar, los cuestionarios empleados tienen limitaciones inherentes, dado que no captan la información contextual de los centros de formación relativa, por ejemplo, al estado real de la infraestructura, a las metodologías aplicadas de enseñanza o al tipo de programas ofrecidos. Dicha falta de objetividad y de datos contextuales podría haber introducido sesgos en los análisis y limitado la profundidad de la interpretación. Por lo tanto, convendría realizar otros estudios en el futuro que complementen este y que aporten información contextual más abundante, de manera que sea posible ofrecer una comprensión más exhaustiva de las condiciones que influyen en la capacidad digital de cada centro de formación.

Por otro lado, los datos de este estudio son cuantitativos y muchos de los resultados no se han interpretado en profundidad partiendo de casos reales. Por consiguiente, es importante que en el futuro se recojan datos cualitativos con los que enriquecer los análisis NCA y QCA. Los datos cualitativos pueden ofrecer una visión más enriquecedora y profunda de la situación de cada centro de formación y permitir la identificación de condiciones que no se han tenido en cuenta en el presente estudio. En esa línea, cabe mencionar que los datos recogidos para realizar este estudio se han tomado exclusivamente de un área geográfica y de niveles educativos específicos, y se han corroborado con resultados de otros niveles educativos y regiones. Sería interesante, por tanto, extender el estudio a otros niveles educativos para ampliar y validar los resultados. Se necesita seguir investigando en este campo en todos los niveles educativos puesto que, de acuerdo con los datos que tenemos disponibles hasta la fecha, este es el único estudio que se ha realizado con análisis NCA y QCA sobre la capacidad y la transformación digital de los centros de formación. Convendría realizar futuros trabajos de investigación centrados en analizar las diversas condiciones necesarias y suficientes en los diversos niveles educativos, así como en identificar los factores clave en cada caso, a fin de ofrecer mayor guía específica en cada nivel educativo.

Financiación

La primera autora agradece el apoyo proporcionado por la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de Mondragon Unibertsitatea [HUHEZI202302]. La primera y la tercera autoras agradecen la financiación otorgada por el Gobierno Vasco [IKERHEZI IT1664-22]. La segunda autora agradece el apoyo proporcionado por la Ayuda RYC2019-028398-I, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FSE «El FSE invierte en tu futuro».

Disponibilidad de datos

El conjuntos de datos utilizados en este estudio están disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia

Aprobación ética

Este estudio se ha llevado a cabo de acuerdo con los principios éticos recogidos en la Declaración de Helsinki y las directrices de la Asociación Americana de Psicología.

Consentimiento de publicación

No se aplica

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés

Derechos y permisos

Open Access. Este artículo está licenciado bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](#), que permite el uso, intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor original y a la fuente, se proporcione un enlace a la licencia Creative Commons y se indique si se realizaron cambios.

Referencias

- Berné-Martínez, J. M., Arnal-Pastor, M., & Llopis-Amorós, M.-P. (2021). Reacting to the paradigm shift: QCA study of the factors shaping innovation in publishing, information services, advertising and market research activities in the European Union. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120340. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120340>
- Brooks, D. C., & McCormack, M. (2020). Driving digital transformation in higher education (EDUCAUSE) [ECAR research report.]. ECAR.
- Castañeda, L., Viñoles-Cosentino, V., Postigo-Fuentes, A. Y., Herrero, C., & Cachia, R. (2023). Strategic approaches to regional transformation of digital education. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/13248>
- Castaño Muñoz, J., Vuorikari, R., Costa, P., Hippe, R., & Kampylis, P. (2023). Teacher collaboration and students' digital competence – Evidence from the SELFIE tool. *European Journal of Teacher Education*, 46(3), 476–497. <https://doi.org/10.1080/02619768.2021.1938535>
- Cilesiz, S., & Greckhamer, T. (2020). Qualitative comparative analysis in education research: Its current status and future potential. *Review of Research in Education*, 44(1), 332–369. <https://doi.org/10.3102/0091732X20907347>
- Condie, R., & Munro, B. (2007). *The impact of ICT in schools—A landscape review*. Becta Research. <https://core.ac.uk/outputs/9020987/?source=2>
- Costa, P., Castaño-Muñoz, J., & Kampylis, P. (2021). Capturing schools' digital capacity: Psychometric analyses of the SELFIE self-reflection tool. *Computers & Education*, 162, 104080. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104080>
- Delgado, A., Wardlow, L., O'Malley, K., & McKnight, K. (2015). Educational Technology: A review of the integration, resources, and effectiveness of technology in K-12 classrooms. *Journal of Information Technology Education: Research*, 14, 397–416.
- Dul, J. (2016). Necessary condition analysis (NCA): Logic and methodology of “necessary but not sufficient” causality. *Organizational Research Methods*, 19(1), 10–52. <https://doi.org/10.1177/1094428115584005>
- European Commission. (2020). Digital Education Action Plan (COM(2020) 624 Final).
- European Commission. (2022, 5 de diciembre). SELFIE | European Education Area. SELFIE. <https://education.ec.europa.eu/es/selfie>
- García Grau, F., Valls Bautista, C., & Lázaro Cantabrana, J. L. (2022). Estrategias para la transformación digital de un centro educativo: Una revisión sistemática. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 157–172. <https://doi.org/10.6018/riite.533971>

- Giannoutsou, N., Dimitriadis, Y., Villagrá-, S. S., Ioannou, A., Timotheou, S., Mckenney, S., Van, D. L. S., Jorrín-Abellán, I., Martínez-Monés, A., Adamou, M., Cachia, R., Hogenkamp, L., Gallego-Lema, V., Coca, J. P., & García-Sastre, S. (2023, 11 de diciembre). Empowering schools to drive their digital transformation: Insights from the evaluation of SELFIE. JRC Publications Repository. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135407>
- González-Martínez, J., Esteve-Mon, F. M., Larraz Rada, V., Espuny Vidal, C., & Gisbert Cervera, M. (2018). INCOTIC 2.0. Una nueva herramienta para la autoevaluación de la competencia digital del alumnado universitario. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 22(4), 133–152. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i4.8401>
- Higgins, S., Xiao, Z., & Katsipataki, M. (2012). The impact of digital technology on learning: A summary for the Education Endowment Foundation. Full Report. Education Endowment Foundation. <https://eric.ed.gov/?id=ED612174>
- Ifenthaler, D., Hofhues, S., Egloffstein, M., & Helbig, C. (Eds.). (2021). Digital transformation of learning organizations. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55878-9>
- Kampylis, P., Devine, J., Punie, Y., & Newman, T. (2016). Supporting schools to go digital: From a conceptual model towards the design of a self-assessment tool for digital-age learning. In *Proceedings of the International Technology, Education and Development Conference* (pp. 816–825). <https://doi.org/10.21125/icieri.2016.1185>
- Kampylis, P., Punie, Y., & Devine, J. (2015). Promoting effective digital-age learning: A European framework for digitally competent educational organisations. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2791/54070>
- Kampylis, P., & Sala, A. (2023). Improving the digital capacity of schools by using the SELFIE tool for collective reflection. *European Journal of Education*, 58(2), 331–346. <https://doi.org/10.1111/ejed.12561>
- Kovalchuk, V. I., Maslich, S. V., Movchan, L. G., Soroka, V. V., Lytvynova, S. H., & Kuzminska, O. H. (2022). Digital transformation of vocational schools: Problem analysis. CTE Workshop Proceedings, 9, 107–123. <https://doi.org/10.55056/cte.107>
- Kovalchuk, V. I., Maslich, S. V., & Movchan, L. H. (2023). Digitalization of vocational education under crisis conditions. *Educational Technology Quarterly*, 2023(1), 1–17. <https://doi.org/10.55056/etq.49>
- Lázaro Cantabrina, J. L., Usart Rodríguez, M., & Gisbert Cervera, M. (2019). Assessing teacher digital competence: The construction of an instrument for measuring the knowledge of pre-service teachers. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 73–78. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.1.370>
- Pettersson, F. (2021). Understanding digitalization and educational change in school by means of activity theory and the levels of learning concept. *Education and Information Technologies*, 26(1), 187–204. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10239-8>
- Pulfrey, C., & Caneva, C. (2022). What to prioritize in building academic digital capacity: Using SELFIE to support digital development in schools. ICERI2022 Proceedings, 2321. 15th Annual International Conference of Education, Research and Innovation. <https://doi.org/10.21125/iceri.2022.0581>
- Ragin, C. C. (2000). Fuzzy-set social science. University of Chicago Press.
- Solar, M., Sabattin, J., & Parada, V. (2013). A maturity model for assessing the use of ICT in school education. *Educational Technology & Society*, 16(1), 206–218.
- Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., Monés, A. M., & Ioannou, A. (2023). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6695–6726. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8>
- Usart Rodríguez, M., Lázaro Cantabrina, J. L., & Gisbert Cervera, M. (2020). Validation of a tool for self-evaluating teacher digital competence. *Educación XXI*, 24(1), 353–373. <https://doi.org/10.5944/educxx1.27080>

Cómo citar

Zubizarreta Pagaldai et al. (2025). ¿Qué tipo de centros de FP tienen mayor capacidad digital? Un estudio de NCA y QCA [What kind of VET schools have higher digital capacity? An NCA and QCA study]. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 74, art.10
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.116036>

Anexos

Anexo A

Tabla A1
Tamaño de la muestra de cada cuestionario

CENTROS	COMDID A	INCOTIC.20	SELFIE		
			Estudiantes	Profesorado	Líderes
1 %	6 100 %	34 56.67 %	43 71.67 %	4 66.67 %	2 100 %
2 %	2 66.67 %	26 92.85 %	26 92.85 %	2 66.67 %	1 100 %
3 %	7 46.67 %	78 52.70 %	131 88.51 %	9 60 %	3 75 %
4 %	7 100 %	35 64.81 %	33 78.57 %	6 85.71 %	1 100 %
5 %	5 71.42 %	47 82.45 %	47 82.45 %	5 71.42 %	1 100 %
6 %	7 70.00 %	34 52.30 %	48 73.84 %	7 70.00 %	1 50 %
7 %	8 88.88 %	55 47.82 %	69 60 %	8 88.88 %	2 100 %
8 %	5 83.33 %	45 100 %	45 100 %	6 100 %	3 100 %
9 %	14 93.33 %	63 54.78 %	63 54.78 %	12 80 %	1 100 %
10 %	6 100 %	19 36.53 %	23 41.07 %	6 100 %	1 100 %
11 %	9 100 %	27 31.39 %	33 38.37 %	9 100 %	2 100 %
12 %	9 90.00 %	41 56.16 %	49 67.77 %	10 100 %	1 50 %
13 %	12/15 80.00 %	37 30.83 %	42 35.00 %	13 86.66 %	1 50 %
14 %	9 75.00 %	49 51.04 %	61 63.54 %	11 91.66 %	3 100 %
15 %	9 75.00 %	56 62.22 %	61 67.77 %	12 100 %	3 75 %
16 %	15 83.33 %	87 65.90 %	92 69.69 %	17 94.44 %	2 100 %

CENTROS	COMRID A	INCOTIC.20	SELFIE		
			Estudiantes	Profesorado	Líderes
17 %	2 66.66 %	13 43.33 %	14 46.66 %	2 66.66 %	1 100 %
18 %	13 86.67 %	58 41.42 %	65 46.42 %	12 80 %	1 100 %
19 %	4 80 %	12 35.29 %	12 34.29 %	5 100 %	1 100 %
20 %	6 85.71 %	24 42.85 %	26 46.42 %	7 100 %	1 100 %
21 %	7 100 %	17 36.17 %	29 61.70 %	7 100 %	1 50 %

Anexo B

Tabla B1
Calibración

Condición/Resultado	Completamente dentro	Punto intermedio	Completamente fuera
CDA	3.907 (20 % por encima de la media)	3.256 (media)	1.628 (50 % de la media)
CDD	50,374 (20 % por encima de la media)	41.979 (media)	20.989 (50 % de la media)
INFRA	4.147 (20 % por encima de la media)	3.456 (media)	1.728 (50 % de la media)
DP	3.3636 (20 % por encima de la media)	2.803 (media)	1.4015 (50 % de la media)
LIDE	3.168 (20 % por encima de la media)	2.64 (media)	1.32 (50 % de la media)
GCD	3,133 (20 % por encima de la media)	2.611 (media)	1.305 (50 % de la media)

Tabla B2*Calibración de las condiciones de cada centro*

	CDA	CDD	INFRA	PD	LIDE	GCD
1	0.6673714	0.85224054	0.83106591	0.87298285	0.99180390	0.9702467
2	0.9082482	0.98631386	0.54672213	0.34602034	0.42255612	0.9026672
3	0.7491750	0.91442319	0.94852284	0.99959457	0.99744450	0.7707027
4	0.5551636	0.54929331	0.74687477	0.12119446	0.3849870	0.4870343
5	0.4490835	.29592499	0.39264366	0.10839681	0.13311027	0.2162187
6	0.7491750	0.28465493	0.98446705	0.85446076	0.77326670	0.9474776
7	0.6948566	0.54294691	0.67726293	0.59975084	0.79222363	0.5477812
8	0.7753737	0.99455201	0.64872165	0.99470952	0.47770843	0.9822704
9	0.7753737	0.25007021	0.16396965	0.89451244	0.31416420	0.2785263
10	0.5806768	0.95478300	0.44653057	0.15616570	0.14102352	0.3309950
11	0.5938275	0.99599018	0.99861030	1.00000000	1.00000000	0.9978505
12	0.4625414	0.08941798	0.24014669	0.08468405	0.23465024	0.2458371
13	0.6292551	0.95205790	0.98380202	0.99814313	0.99180390	0.9657099
14	0.4114178	0.43362172	0.03121395	0.05398493	0.06435854	0.1131271
15	0.4477415	0.35879193	0.44653057	0.31807470	0.33370013	0.5796644
16	0.7533993	0.75207925	0.99674823	0.99470952	0.99895135	0.9207630
17	0.4158043	0.97645879	0.98842574	0.99814313	0.99949182	0.3041240
18	0.2643110	0.29879730	0.17352825	0.13527379	0.07916846	0.2302952
19	0.2332457	0.01125710	0.02277773	0.06079659	0.04308319	0.1224992
20	0.6851859	0.22226009	0.54672213	0.20917885	0.33370013	0.7843541
21	0.2211802	0.77468303	0.36854807	0.45130842	0.31416420	0.3017427

Tabla B3*Análisis de las condiciones necesarias para DCD con QCA*

Condiciones	inclN	RoN	CovN
CDA + CDD	0.939	0.623	0.754
CDA + INFRA	0.952	0.675	0.786
CDA + PD	0.965	0.663	0.785
CDA + LIDE	0.949	0.686	0.790
CDD + INFRA	0.948	0.674	0.784
CDD + PD	0.901	0.664	0.759
CDD + LIDE	0.922	0.693	0.784

*inclN: corte de inclusión; RoN: relevancia de la necesidad; CovN: cobertura***Anexo C****Tabla C1***Tabla de cuello de botella de las condiciones necesarias para DCD*

Y (GCD)	CDA	CDD	INFRA	PD	LIDE
0	NN	NN	NN	NN	NN
10	1.5	NN	5.6	NN	NN
20	8.5	NN	14.3	NN	NN
30	15.6	NN	23.1	4.5	6.3
40	22.6	10.8	31.8	16.8	15.9
50	29.7	24.0	40.5	29.0	25.6
60	36.7	37.3	49.3	41.3	35.2
70	43.7	50.6	58.0	53.6	44.9
80	50.8	63.8	66.8	65.9	54.5
90	57.8	77.1	75.5	78.1	64.1
100	64.8	90.4	84.2	90.4	73.8

Y: resultado; NN: no necesario

Tabla C2

Análisis de condiciones suficientes para DCD

	inclS	PRI	covS	covU
CDA*CDD*INFRA*~LIDE	0.937	0.815	0.319	0.088
CDA*INFRA*PD*LIDE	0.978	0.965	0.610	0.040
CDD*INFRA*PD*LIDE	0.904	0.857	0.652	0.083
S	0.892	0.833	0.781	

inclS: corte de inclusión; PRI: reducción proporcional de la consistencia; covS: cobertura; CovU: cobertura única

Tabla C3

Análisis de la robustez

Parámetro de robustez	
Orientado al ajuste	RF_cons: 0.932 RF_cov: 0.78 RF_SC_minTS: 0.728 RF_SC_maxTS: 0.728
Orientado a casos	RCR_typ 0.71 RCR_dev: 0.5 Rango: 3
Modelos de rendimiento	
CDA*CDD*INFRA*PD*LIDE+CDA*CDD*INFRA*~PD*~LIDE (1)	RCC_Rank: 3 SC: 0.728
CDA*CDD*INFRA*PD*LIDE+CDA*CDD*INFRA*~PD*~LIDE (2)	RCC_Rank: 3 SC: 0.728
CDA*CDD*INFRA*PD*LIDE+CDA*CDD*INFRA*~PD*~LIDE (3)	RCC_Rank: 3 SC: 0.728