

DOCUMENTO METODOLÓGICO

Índice Sintético de Educación Digital (ISED)

Diciembre 2024

MINISTERIO TIC





Introducción

La utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la educación se ha consolidado como un eje estratégico para el desarrollo integral de las sociedades contemporáneas, al redefinir no solo los métodos tradicionales de enseñanza y aprendizaje, sino también las dinámicas de inclusión, participación y permanencia educativa. En un entorno global caracterizado por la aceleración tecnológica y la digitalización de casi todos los aspectos de la vida cotidiana, el acceso a herramientas digitales se ha convertido en una condición indispensable para el ejercicio efectivo del derecho a la educación. Las TIC permiten ampliar las fronteras del aula tradicional, ofreciendo recursos interactivos, plataformas de aprendizaje virtual, contenidos adaptativos y sistemas de seguimiento que enriquecen el proceso educativo y personalizan la experiencia del estudiante. Más allá de facilitar el acceso al conocimiento, estas tecnologías tienen un enorme potencial democratizador, al contribuir a cerrar brechas estructurales asociadas a factores como el territorio, el nivel socioeconómico, el género o la condición étnica.

No obstante, esta promesa de transformación solo puede cumplirse si se abordan críticamente las condiciones reales de acceso, uso significativo y apropiación tecnológica. No basta con distribuir dispositivos o habilitar conectividad; es necesario generar capacidades técnicas y pedagógicas en docentes y estudiantes, fortalecer la infraestructura digital en las instituciones educativas, y promover una cultura digital inclusiva y segura. Por ello, resulta imprescindible contar con sistemas





de medición rigurosos que evalúen no solo la cobertura tecnológica, sino también el nivel de integración efectiva de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En este contexto, surge el Índice Sintético de Educación Digital (ISED) como un instrumento estratégico para evaluar el grado de avance de la educación digital en las instituciones educativas oficiales en Colombia. Cabe resaltar que este índice no solo busca identificar las brechas existentes, sino también resaltar las fortalezas y áreas de oportunidad para fomentar el desarrollo de competencias digitales que son esenciales en el siglo XXI. En este sentido, el ISED está compuesto por cinco dimensiones principales que reflejan los aspectos más críticos de la educación digital:

- 1. Conectividad: Evalúa si las sedes educativas cuentan con la capacidad para a acceder a internet de calidad.
- 2. Computadores, dispositivos, plataformas, aplicaciones y herramientas: Determina el grado de la infraestructura digital por estudiante y uso de plataformas con fines educativos
- 3. Apropiación digital: Examina el nivel de uso e integración de las TIC en las actividades pedagógicas, administrativas y extracurriculares de la sede educativa
- 4. Formación de habilidades digitales en docentes: Mide el grado en que los docentes están capacitados para utilizar la tecnología como herramienta pedagógica, abarcando tanto competencias técnicas como metodológicas.
- 5. Formación de habilidades digitales en estudiantes: Analiza la preparación y el acceso que tienen los estudiantes a programas enfocados en desarrollar las habilidades digitales estudiantes, fundamentales para enfrentar los desafíos de un mundo laboral altamente tecnologizado.

Estas cinco dimensiones constituyen el índice y cada una de ellas está compuesta por diferentes variables que serán presentadas a través de este documento.

Sin embargo, el acceso, el uso y la apropiación de la tecnología no son fines en sí mismos, si no son medios que facilitan que las instituciones educativas lleven a cabo su misión. Para ponderar el peso relativo de las variables dentro del cálculo del ISED, se utilizarán las pruebas Saber 11 como referencia principal. Estas pruebas son reconocidas como un indicador clave del desempeño educativo, ya que estudios previos han demostrado su relación con el éxito académico y la movilidad social. Por ejemplo, investigaciones han encontrado (Ardila, 2001) que puntajes altos en las pruebas Saber 11 están correlacionados con mayores probabilidades de ingreso a universidades de alta calidad y, en consecuencia, a programas que ofrecen mejores perspectivas salariales. Además, se ha establecido una correlación moderada (r = 0,39) entre los resultados de las pruebas Saber y los promedios





académicos del primer semestre universitario, así como una correlación significativa, aunque menor (r = 0,30), con los promedios acumulados a lo largo de la carrera. Esta capacidad predictiva varía según el área de estudio, siendo más fuerte en disciplinas como física, matemáticas e ingeniería, y más débil en humanidades y artes (Ardila, 2001). Así mismo, Camacho, Uribe y Medina (2024) analizan datos del ICFES (Saber 11, Saber Pro), SNIES y PILA, encontrando que los puntajes del examen de graduación de secundaria están significativamente correlacionados con los salarios iniciales en el mercado formal en Colombia.

Por su parte, el **Índice Sintético de Calidad Educativa** del Ministerio de Educación sigue una lógica similar, asignando un 80% de su cálculo a los resultados de las pruebas Saber 11¹, dada su relevancia para establecer metas de mejora educativa. Este enfoque ha demostrado ser eficaz para orientar las políticas públicas hacia la equidad y el desarrollo educativos. Siguiendo este modelo, el ISED prioriza aquellas dimensiones que tienen una relación más significativa en el desempeño académico, fortaleciendo así su capacidad para guiar decisiones estratégicas en educación digital. En conclusión, el ISED representa un esfuerzo integral para evaluar y estructurar las condiciones que configuran la educación en la era digital. Este índice no solo mide el acceso a la tecnología, sino que también analiza su efectividad como herramienta para transformar la educación y promover la equidad. Desde la conectividad y los dispositivos hasta las competencias digitales de docentes y estudiantes, el ISED busca identificar los elementos clave que impulsan el éxito académico y la movilidad social, priorizando aquellas dimensiones más asociadas con mejores resultados en las pruebas Saber.

La construcción de este índice está enmarcada dentro del Contrato de Prestación de Servicios No. 2086 – 2024, suscrito entre el Fondo Único de Tecnologías de la Información y las Comunicación (FUTIC) y el Centro Nacional de Consultoría (CNC), que tiene como objeto "Prestar servicios para el diseño, elaboración, cálculo y análisis de la línea de base del Índice Sintético de Educación Digital (ISED), vinculado técnicamente con el Índice de Gini Digital y el Índice de Apropiación Digital, en el marco de la transformación digital y alineado con las políticas y proyectos estratégicos del Gobierno Nacional, con el objetivo de proporcionar información esencial para la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones."

Cabe resaltar que el propósito del presente contrato se enfoca en el fortalecimiento de las entidades del sector público en el marco de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), así como facilitar herramientas e insumos para la formulación de planes y políticas públicas basadas en datos y análisis, lo cual permitirá medir la implementación eficiente de la estructura tecnológica en el Estado

¹ Ministerio de Educación. https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-preescolar-basica-y-media/Evaluacion/Evaluacion-de-estudiantes/397385:Indice-Sintetico-de-la-Calidad-Educativa-ISCE





y optimizar la inversión pública, puesto que, a través de la recolección y análisis de datos precisos, se pretende identificar áreas de mejora y asegurar la toma de decisiones en materia de tecnología. De igual manera, se alinea con los objetivos de proyectos adelantados por la Dirección de Gobierno Digital, como lo es, de acuerdo con los términos de referencia, el proyecto PotenciA - Gobierno Inteligente - Ciudades y Territorios Inteligentes, el cual consiste en la gestión de las soluciones a problemáticas públicas, mediante el uso de tecnologías emergentes y articulación con los actores del ecosistema de innovación pública digital, que propendan por la transparencia en el acceso a los trámites de alto impacto integrados al Portal Único del Estado Colombiano, Portal Nacional de Datos Abiertos y plataformas y soluciones a cargo del MinTIC-DGD, a su vez, su objeto general consiste en acelerar el diseño e implementación de soluciones a problemáticas públicas, basados en tecnologías emergentes, a través del trabajo articulado de actores del ecosistema de innovación pública digital (MinTIC, 2024).

Conforme a lo anterior, la creación del Indicador Sintético de Educación Digital (ISED) se presenta como una evolución necesaria y complementaria a los esfuerzos previos, ofreciendo una herramienta más específica para medir el acceso, las habilidades y las competencias digitales dentro sector público y en específico del sistema educativo oficial colombiano. Si bien el Indicador de Apropiación Digital. elaborado por el CNC, proporcionó información clave sobre la relación de los ciudadanos con el internet a partir de históricos del año 2016, este nuevo indicador permitirá una evaluación detallada, segmentada y actualizada del estado de la educación digital, vinculando el progreso tecnológico de las instituciones educativas con el desarrollo de competencias esenciales.

En este documento metodológico se explicará de manera sucinta la metodológica utilizada en la construcción del índice. Para profundizar más en los resultados y pruebas de bondad de ajuste, se recomienda revisar el Informe de Resultados.





1. Construcción del Índice

La metodología de construcción del Índice Sintético de Educación Digital (ISED) se desarrolló en tres fases: primero, se definieron cinco dimensiones clave de la educación digital (conectividad, dispositivos y herramientas, apropiación digital, formación docente y formación estudiantil), cada una compuesta por variables seleccionadas de fuentes secundarias oficiales como SIMAT, Saber 11 y el Formulario C-600. Luego, mediante modelos supervisados, se busca establecer el efecto que las variables seleccionas tienen sobre el aprendizaje. Posteriormente las variables se reúnen para sintetizarlas en un solo valor por dimensión, otorgando una mayor ponderación a aquellas variables que tienen una relación más significativa con las pruebas Saber 11. Finalmente, las dimensiones se integraron en un índice único utilizando Análisis de Componentes Principales (PCA), asegurando que el índice reflejara de forma sintética y robusta el estado de la educación digital en cada sede educativa.

Para implementar esta metodología, se siguió la hoja de ruta mostrada en la Figura 1. A continuación se elabora en detalle cada elemento de la ruta



Figura 1. Hoja de ruta de implementación del ISED

Fuente: elaboración propia (2024)





2.1. Definición de dimensiones:

En primer lugar, se realizó un ejercicio para definir las dimensiones que harían parte del ISED. En conjunto con el MinTIC, se definió que el ISED fuese un índice compuesto de cinco (5) dimensiones fundamentales como se puede observan en la Figura 2:

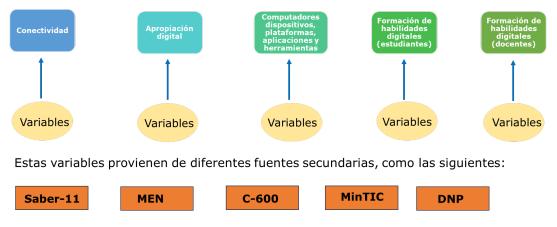
Figura 2. Dimensiones que componen el Índice de Educación Digital



Fuente: elaboración propia (2024)

Asimismo, cada una de estas dimensiones está compuesta por una batería de variables que provienen de fuentes de información secundaria, como se evidencia en la Figura 3.

Figura 3. Esquema de construcción del ISED



Fuente: elaboración propia (2024)





El objetivo principal es construir un índice parcial para cada dimensión a partir de la información proveniente de las variables correspondientes, y posteriormente integrar estos índices parciales para conformar el Índice Sintético de Educación Digital (ISED). Es importante aclarar que el ISED no se limita a medir la disponibilidad de infraestructura tecnológica en las instituciones educativas oficiales —como la conectividad o la entrega de dispositivos—, sino que su valor agregado radica en incorporar variables que reflejan el grado de integración de las tecnologías digitales en los procesos pedagógicos, administrativos y formativos, tanto de docentes como de estudiantes. Esto lo convierte en una herramienta que trasciende el acceso a la tecnología, al enfocarse en su apropiación efectiva y significativa dentro del entorno escolar. En este sentido, el ISED guarda una estrecha relación metodológica con el Índice de Apropiación Digital (IAD), dado que ambos comparten una visión integral de la transformación digital: no basta con tener acceso, sino que es necesario desarrollar capacidades, motivaciones y condiciones institucionales que permitan un uso estratégico y sostenible de la tecnología. Mientras el IAD evalúa cómo las personas y organizaciones incorporan la tecnología en su vida cotidiana, el ISED analiza este proceso dentro del ámbito educativo, revelando en qué medida las instituciones escolares están preparadas para formar ciudadanos digitales capaces de afrontar los desafíos del siglo XXI.

A continuación, se explica en detalle la composición de cada componente del índice:

2.1.1. Componente de conectividad

Esta dimensión evalúa las condiciones en términos de infraestructura tecnológica de las sedes educativas, que permiten garantizar el acceso y uso eficiente de las herramientas digitales. Incluye aspectos relacionados con:

- Acceso a energía eléctrica: Verifica si las sedes educativas tienen conexión y acceso constante a energía eléctrica, así como el estado de calidad de este servicio, asegurando su estabilidad para soportar la operación de dispositivos tecnológicos y redes de comunicación.
- Conexión a internet: Determina la disponibilidad de conexión a internet en las sedes educativas, incluyendo aspectos como el acceso al servicio y la velocidad (ancho de banda), que determina la capacidad para soportar actividades educativas digitales, desde navegación básica hasta transmisión de contenidos multimedia.





- Redes internas: Considera si hay infraestructura de redes locales (LAN) dentro de las sedes educativas, que permiten el intercambio de información y acceso compartido a recursos digitales entre estudiantes y docentes.
- Plan de gestión TIC: Mide la existencia de un plan estratégico que integre componentes de infraestructura y conectividad, asegurando un uso sostenible v eficiente de los recursos tecnológicos en las instituciones educativas.

2.1.2. Componente de computadores, dispositivos, plataformas, aplicaciones y herramientas

Esta dimensión evalúa la disponibilidad, acceso y uso de tecnologías, herramientas y plataformas digitales en las sedes educativas, con un enfoque hacía la adopción de recursos educativos digitales, buscando identificar el grado de preparación tecnológica de las instituciones para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje. Se consideran aspectos como:

- La cantidad y condiciones de los dispositivos disponibles y herramientas para el uso educativo, incluidos computadores y otros equipos electrónicos.
- El nivel de integración de plataformas digitales, aplicaciones educativas y sistemas de gestión del aprendizaje en los procesos pedagógicos.
- La adopción de contenidos digitales como laboratorios virtuales, recursos educativos abiertos y portales especializados.
- La existencia de estrategias institucionales para gestionar contenidos digitales y promover el uso de herramientas tecnológicas en el aula.

2.1.3. Componente de apropiación digital

Esta dimensión evalúa el nivel de integración, uso seguro y responsable de las tecnologías en los procesos educativos y administrativos de las instituciones. También se exploran las motivaciones detrás del uso de la tecnología, reflejando la capacidad de las sedes educativas para adoptar y aprovechar herramientas digitales como parte integral de su cultura organizacional y pedagógica. Se consideran aspectos como:

La incorporación de enfoques innovadores, como STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas por sus siglas en inglés) en los proyectos educativos institucionales.





- La frecuencia y el grado de uso de los recursos tecnológicos disponibles en actividades docentes y pedagógicas, así como en procesos de seguimiento y evaluación educativa.
- La promoción de un entorno digital que fomente un uso responsable y ético de las tecnologías, alineado con los objetivos educativos y formativos.

Esta dimensión permite medir cómo las instituciones educativas no solo acceden a la tecnología, sino cómo la integran para potenciar los aprendizajes, mejorar la gestión y transformar los procesos pedagógicos.

2.1.4. Componente de formación de habilidades en docentes

La dimensión mide el grado en el que las instituciones educativas capacitan a su personal docente en el uso, apropiación e integración de las TICs en sus prácticas pedagógicas. Este componente es fundamental para asegurar que los docentes no solo tengan acceso a herramientas digitales, sino también las competencias necesarias para utilizarlas de manera efectiva en el proceso de enseñanza. En esta dimensión se incluyen aspectos como:

- La existencia de planes institucionales de gestión TIC que incluyan la formación docente en el uso y apropiación de las tecnologías, asegurando que el personal esté preparado para integrarla en el aula.
- El número de docentes que han recibido capacitación en el uso de TIC durante el año, reflejando el esfuerzo institucional por mantener a su planta docente actualizada en habilidades digitales.

Esta dimensión destaca la importancia de la formación continua para los docentes en el ámbito digital, garantizando que estén preparados no solo en el uso básico de herramientas tecnológicas, sino también en la integración pedagógica que maximice el potencial que tienen las TICs para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes.

2.1.5. Componente de formación de habilidades en estudiantes

Esta dimensión mide el nivel de preparación y acceso que los estudiantes tienen a programas educativos enfocados en el desarrollo de competencias digitales, y se enfoca en evaluar cómo las instituciones educativas están integrando la formación tecnológica en los planes de estudio y cómo están conectando a los estudiantes con oportunidades de capacitación digital avanzada, preparándolos para el uso seguro y eficiente de las tecnologías en su vida. En esta dimensión se incluyen aspectos como:





- Articulación con programas de formación técnica: Esto se mide a través de la participación de las sedes educativas en programas de doble titulación con el SENA, especialmente en áreas relacionadas con las TIC, ya que estos proporcionan a los estudiantes oportunidades para desarrollar habilidades digitales especializadas, fomentando su preparación para el mercado laboral.
- Programas de educación digital: Se identifica con la existencia de programas educativos dentro de la sede escolar que enseñan habilidades digitales a los estudiantes, desde el uso básico de herramientas tecnológicas hasta la capacitación en áreas más avanzadas, como la programación.

2.2. Fuentes de información

Una vez definidas las dimensiones, se procede a identificar las fuentes de información necesarias para la construcción del índice. Es fundamental que estas bases de datos cuenten con periodicidad anual, lo que garantiza la posibilidad de actualizar el índice a lo largo del tiempo. De este modo, el ISED no solo permite capturar el estado de la educación digital en las instituciones en un momento determinado, sino que también facilita la focalización y el seguimiento de la política pública en educación digital.

SIMAT: El Sistema Integrado de Matrícula (SIMAT) es una herramienta diseñada por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) que se actualiza cada año, permitiendo organizar y controlar el proceso de matrícula en todas sus etapas, así como tener una fuente de información confiable y disponible para la toma de decisiones.

Para la construcción del Índice se requieren los siguientes Anexos del SIMAT:

- Anexos 5ª/6ª: En esta base de datos se encuentra la información de la matrícula a nivel de estudiante desde el año 2005 hasta el presente. Para la construcción del Índice no se requiere la información a nivel de estudiante sino simplemente el cálculo de la matricula total por grado para cada sede educativa.
- Anexo 3a: En esta base se registra todo el personal docente y directivo asociado a una institución educativa. Para la construcción del índice se propone realizar cálculos agregados a nivel de institución educativa.





Anexo 10: En esta base de datos se registra toda la infraestructura física y tecnológica a nivel de sede.

El Anexo 3ª y el Anexo 5ª/6 tienen las unidades de observación a nivel de estudiante, pero la misma será agregada a nivel de sede educativa para que esta sea la unidad de análisis. En cuanto al Anexo 10, este se encuentra a nivel de sede. En este punto, es importante destacar que este último Anexo no se recibió

- Bases de conectividad: el MEN remitió información sobre computadores. acceso y calidad de internet a nivel de sede educativa entre 2022 a 2024. El MEN señala que esta información es superior a la reportada en el Anexo 10 o en el Formulario C-600 al no ser autorreportada por los rectores.
- Base de Computadores para Educar: esta base de datos contiene el número de equipos entregados a las sedes educativas oficiales anualmente en el marco de este programa. La firma recibió información entre 2022 a 2024.

Formulario C-600: Es una herramienta utilizada en Colombia para recopilar información detallada sobre las instituciones educativas que ofrecen educación en los niveles de preescolar, básica (primaria y secundaria) y media. Este formulario es fundamental para el censo anual de educación formal que realiza el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

El formulario se estructura en varios módulos que abarcan diferentes aspectos de las instituciones educativas. Para la construcción del ISED resulta fundamental la información consignada en el Módulo VIII. Información sobre tecnologías de la información y las comunicaciones - TIC

La unidad de análisis de la base de datos está a nivel de sede educativa y cuenta con una periodicidad anual.

Saber-11: La base de datos Saber 11, proporcionada por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), en su portal Datalcfes, contiene información detallada de los estudiantes que presentan el examen Saber 11. La base se compone de tres (3) secciones principales:

- Información sociodemográfica del estudiante
- Información de la sede educativa a la que asiste el estudiante
- Resultados del examen Saber 11

La base de datos está a nivel de estudiante y se agregarán a nivel de sede educativa. La periodicidad de la información es anual y recoge la información según el calendario de la sede educativa: Calendario A (segundo semestre), Calendario B (primer semestre).





Para este índice se utilizó únicamente la información del año 2022, con el objetivo de calibrar las ponderaciones de las variables.

<u>Información MinTIC</u>: Finalmente, el MinTIC remitió una base con información sobre medidas de conectividad, infraestructura digital, y la implementación de diferentes programas relacionados con las TIC a nivel de sede para la construcción del Índice.

El proceso de recopilación y procesamiento de datos para la construcción del Índice Sintético de Educación Digital (ISED) se realizó bajo estrictos criterios técnicos y jurídicos, alineándose con las disposiciones legales en materia de protección de datos, transparencia institucional y gobernanza digital en Colombia. Este enfoque fue esencial para garantizar la validez, confiabilidad y legitimidad del índice como herramienta de política pública.

En línea con lo anterior, se decidió recurrir exclusivamente a fuentes oficiales de información secundaria con cobertura nacional. Cada una de estas fuentes cuenta con una estructura estandarizada, actualizaciones periódicas y metodologías consolidadas, lo que permitió una integración coherente de datos provenientes de distintos sistemas.

En cuanto al tratamiento técnico de la información, se aplicaron procedimientos rigurosos de depuración, limpieza, agregación y normalización de datos, empleando técnicas de estadística moderna como la regresión penalizada (ElasticNet) y el análisis de componentes principales (PCA). Además, se establecieron criterios específicos para la selección de variables, los cuales fueron validados en mesas técnicas con el MinTIC, asegurando que la información utilizada no solo cumpliera con las exigencias normativas, sino que respondiera a criterios de relevancia, pertinencia y capacidad explicativa frente a los objetivos del índice.

En suma, la recopilación y procesamiento de datos bajo marcos legales y técnicos no fue solo un requisito administrativo, sino un componente central para asegurar la transparencia, reproducibilidad y legitimidad del ISED como instrumento público de diagnóstico y planificación en materia de educación digital.

2.3. Unidad de análisis y periodicidad

Una vez definidas las dimensiones y fuentes de información, resulta importante señalar de manera más específica la unidad de análisis y periodicidad de los cálculos.

En primer lugar, es importante señalar que este ejercicio se limita únicamente para las sedes educativas del sector oficial vigentes. Para el cálculo de las ponderaciones de variables y dimensiones se utilizó la información del año 2022. Además, contar





con la información de este año resulta relevante para la política pública dado que permite realizar un diagnóstico de la educación digital en las sedes educativas en línea base (antes de comenzar el actual gobierno).

Una vez calibrado el modelo, se puede replicar este índice para otros años. Dado que el Formulario C-600 solo está disponible hasta el año 2023, en este informe solo ofreceremos comparaciones con respecto a este año. Una vez, se reanude la publicación de la información para años más recientes, se procederá a realizar los cálculos respectivos para años más recientes.

2.4. Selección de variables

Teniendo en cuenta las dimensiones presentadas para el ISED, se revisaron cada una de las fuentes de información disponibles para definir las potenciales variables que pueden ser incluidas dentro de cada indicador. Esta selección se validó en una reunión con funcionarios del MinTIC y con funcionarios del MEN, DNP, MinTIC y Computadores para Educar (CPE) en mesas técnicas especializadas por cada uno de los componentes.

Dado lo anterior, se establecieron las siguientes variables dentro del análisis, con su respectiva fuente de información.

Tabla 1. Variables elegidas por componente

Componente 1.		
Conectividad		
Variable	Fuente	
La sede educativa dispone del servicio de energía eléctrica	MEN	
La sede educativa dispone de conexión a internet	MEN	
Velocidad promedio del internet en la sede educativa	MEN	
La sede educativa dispone de Red de Área Local (LAN)	MEN – Formulario C-600	
La sede educativa cuenta con plan de gestión TIC en componente de infraestructura y conectividad	Formulario C-600	
Componente 2.		
Computadores, dispositivos, plataformas, aplicaciones y herramientas		
Variable	Fuente	
Cantidad de estudiantes por dispositivos electrónicos (inverso)	MEN	
Sede cuenta con aula de informática	MEN	
Utilización laboratorios experimentales virtuales o plataformas educativas en el año	Formulario C-600	





Utilización de recursos educativos abiertos digitales en el año	Formulario C-600	
Utilización de Sistema de gestión del aprendizaje LMS en el año en curso	Formulario C-600	
Utilización de software educativo en el año en curso	Formulario C-600	
	Formulario C-600	
Utilización del Portal Educativo Colombia Aprende en el año en curso		
La sede educativa cuenta con plan de gestión TIC en componente de gestión de contenidos educativos digitales y uso de plataformas	Formulario C-600	
Sede recibió computadores en el marco del programa Computadores para Educar	MEN	
Componente 3.		
Apropiación digital		
Variable Aprophasion digital	Fuente	
Frecuencia promedio de utilización de bienes TIC por sede educativa	Formulario C-600	
Grado de utilización TIC en labor docente	Formulario C-600	
Grado de utilización TIC en seguimiento y evaluación de los procesos educativos y pedagógicos	Formulario C-600	
Grado de presencia digital de la sede educativa	Formulario C-600	
La sede ha participado en actividades académicas o educativas relacionadas con el uso de TIC con diferentes entidades en el presente año	Formulario C-600	
Frecuencia promedio de utilización de bienes TIC por sede educativa	Formulario C-600	
Componente 4.		
Formación en habilidades digitales	en docentes	
Variable	Fuente	
La sede educativa cuenta con plan de gestión TIC en Componente de formación docente en uso y apropiación de TIC	Formulario C-600	
La sede ha participado en programas de formación docente en TIC en el año	Formulario C-600	
Componente 5.		
Formación en habilidades digitales e	n estudiantes	
Variable	Fuente	
Promedio de horas semanales destinadas a la enseñanza de informática y tecnología en la sede educativa en el año	Formulario C-600	
Sede educativa articulada con el programa Doble Titulación (SENA) en programas TIC en el año en curso	MinTIC / SENA	





Razón estudiante / docentes TIC Formulario C-600 Se utiliza los bienes TIC para fines educativos Formulario C-600

Fuente: elaboración propia (2024)

Cabe resaltar que, para definir el listado final de variables, es necesario evaluarlo mediante un modelo estadístico que determinará su relación el puntaje Saber 11, el cual se explica en la siguiente sección.

2.5. Metodología de cálculo

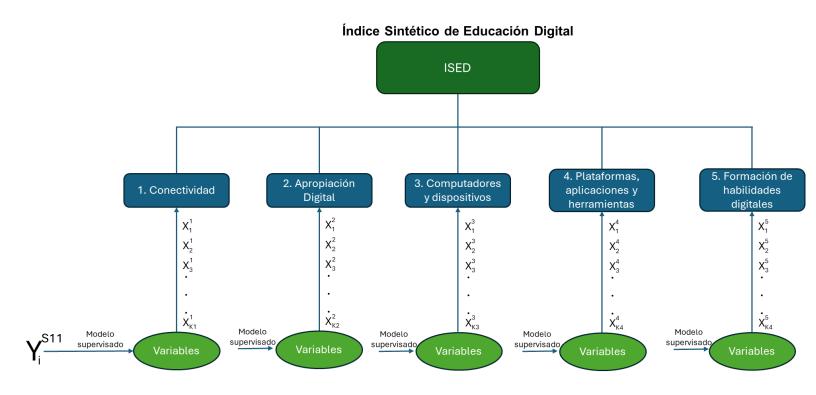
El cálculo del índice se desarrolla por etapas basado en modelos supervisados y no supervisados, como se puede evidenciar en la

Figura 4. En la primera etapa se busca establecer el efecto que las variables seleccionas tienen sobre el aprendizaje, posteriormente las variables se reúnen para sintetizarlas en un solo valor por dimensión y finalmente las dimensiones se combinan para generar el ISED, la Figura presenta el esquema para el cálculo del índice.





Figura 4. Procedimiento de cálculo del ISED



Fuente: elaboración propia (2024)





2.5.1. Depuración de variables

Con el fin de que el índice apunte a un objetivo que resulte en un mejoramiento del desempeño académico, la selección de las variables se realiza entrenando un modelo de regresión con una penalización de ElasticNet.

Para cada dimensión se usa un modelo de regresión que relaciona el puntaje de la prueba Saber 11 con las variables determinadas en la dimensión, así:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k_d} \beta_j \, x_{ij} + \epsilon_i$$

En donde:

- y_i es la variable de resultado académico (prueba Saber 11) para la sede i.
- x_{ij} son las variables independientes (indicadores que componen el índice en la dimensión d).
- β_i son los coeficientes asociados a cada variable.
- k_d es la cantidad de variables en la dimensión d.
- ϵ_i es el error aleatorio.

El proceso de ElasticNet se agrega como una penalización que combina L1 (Lasso) y L2 (Ridge) con el fin de depurar variables irrelevantes (*James*, 2013):

$$\hat{\beta} = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \left\{ \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^{k_d} \beta_j \, x_{ij} \right)^2 + \lambda_1 \sum_{j=1}^{k_d} \left| \beta_j \right| + \frac{\lambda_2}{2} \sum_{j=1}^{k_d} \beta_j^2 \right\}$$

En donde:

- *n* es el número de sedes con pruebas saber 11.
- λ_1 controla la penalización L1, que induce sparsity (selección de variables).
- λ_2 controla la penalización L2, que mejora la estabilidad de los coeficientes.

El modelo con penalización de ElasticNet cuenta con las siguientes propiedades:

Lasso (L1):

$$\lambda_1 \sum_{j=1}^p |\beta_j|$$

Esta parte de la penalización obliga a que algunos coeficientes β_j sean exactamente cero, eliminando así las variables irrelevantes.





2. Ridge (L2):

$$\frac{\lambda_2}{2} \sum_{j=1}^p \beta_j^2$$

Esta parte reduce el tamaño de los coeficientes, lo que puede evitar problemas de multicolinealidad. La combinación de las penalizaciones L1 y L2 se controla con el hiperparámetro (*Hastie*, 2009):

$$\lambda = \alpha \lambda_1 + (1 - \alpha)\lambda_2$$

En donde $\alpha \in [0,1]$. El modelo se obtiene a partir de una validación cruzada, minimizando el error de predicción:

$$CV(\lambda) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} \frac{1}{n_k} \sum_{i \in \mathcal{D}_k} \left(y_i - \hat{y}_i^{(-k)} \right)^2$$

En donde:

- K es el número de particiones (folds)
- \mathcal{D}_k es el conjunto de validación en el k-ésimo fold
- $\hat{y}_i^{(-k)}$ son las predicciones en el fold
- k usando el modelo ajustado con los demás K-1 folds.

En resumen, ElasticNet es una técnica de regularización que equilibra la selección de variables (Lasso) con la estabilización de coeficientes (Ridge), ayudando a construir modelos predictivos más robustos, especialmente cuando se trabaja con muchas variables o datos con colinealidad.

2.5.2. Ponderación de las variables

La salida del modelo de regresión con penalización de ElasticNet permite obtener los coeficientes de regresión β_j para cada variable que conforma el índice de la dimensión d. Las variables con $\beta_j=0$ son descartadas. Con las variables obtenidas del modelo se procede a realizar un reajuste del modelo (sin penalización) utilizando únicamente las variables seleccionadas por ElasticNet, así:

$$y_i = \sum_{j \in S} \beta_j \, x_{ij} + \epsilon_i$$





Donde S es el subconjunto de variables seleccionadas, es decir $S = \{j: \beta_j \neq 0\}$. Bajo este modelo se puede calcular el efecto de cada variable sobre la prueba saber 11 como (*Draper*, 1998):

$$\widehat{B} = (\beta_1, \dots, \beta_r)' = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'Y$$

Cada coeficiente estimado $\hat{\beta}_j$ está asociado a un valor p_j que representa la cantidad de evidencia que se encontró en los datos para explicar el desempeño en la prueba Saber 11 a partir de los cambios en x_j , de manera que el peso que tendrá la variable x_j en el índice de su dimensión está dado por

$$w_{j} = \frac{\hat{\beta}_{j} * (1 - p_{j})}{\sum_{i=1}^{r_{d}} \hat{\beta}_{j} * (1 - p_{j})}$$

El índice para la sede *i* en la dimensión *d* se obtiene como

$$I_i^d = \sum_{j=1}^{r_d} w_j \, x_{ij}$$

Bajo esta especificación, r_d es la cantidad de variables que se retuvieron para el índice en la dimensión d. Es importante señalar que, para facilitar la interpretación, se realiza una normalización mín.-máx. a la variable I_i^d para que éste quede reescalado de 0 (valor más bajo) a 100 (valor más alto).

2.5.3. Ponderación de las dimensiones

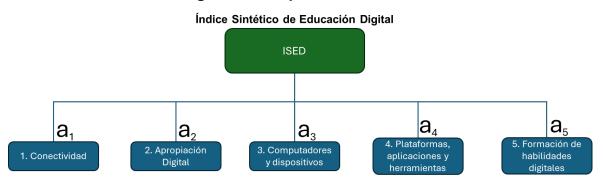
El Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) es una técnica estadística que se utiliza para reducir la complejidad de un conjunto de variables mientras se preserva la mayor parte de la información de los datos (*Jolliffe, 2002*). En el contexto de la ponderación de variables, PCA permite combinar de forma lineal las variables originales generando un índice denominado componente principal, que contiene la información de todas las variables. Este método asigna pesos a las variables originales, lo que refleja su importancia relativa en la explicación de la variabilidad. Por lo tanto, si las sedes educativas se diferencian demasiado en alguna dimensión, esta tendrá una mayor importancia relativa.

La Figura 5 presenta la forma en que se combinan las dimensiones para llegar a un índice global del ISED. El propósito del PCA es asignar las ponderaciones que deben ser utilizadas para construir el ISED.





Figura 5. Composición del ISED



Fuente: elaboración propia (2024)

Dados los índices para las cinco (5) dimensiones en cada sede educativa, se tiene $\mathbf{X} \in \mathbb{R}^{n \times p}$, donde n es el número de sedes y p=5 es el número de dimensiones, el PCA permite resumir estas 5 dimensiones en un solo índice, así:

$$ISED_i = \sum_{j=1}^p a_j \, I_{ij}$$

En donde:

- a_i es la ponderación o carga asignada a la dimensión j
- j = 1,2,3,4,5.
- I_{ij} es el índice que obtuvo la sede i en la dimensión j.

Por lo tanto, el índice global $ISED_i$ es una combinación lineal ponderada de las cinco dimensiones originales. Las ponderaciones reflejan la importancia relativa de cada componente permitiendo que el índice represente de manera compacta y significativa las cinco dimensiones originales. Adicionalmente, al ser un índice que se calcula a nivel de sede entonces se puede desagregar por diferentes características que comparten las sedes.





Referencias

Ardila, A. (2001). Predictors of university academic performance in Colombia. *International Journal of Educational Research*, 35(4), 411–417. https://doi.org/10.1016/S0883-0355(01)00038-6

Camacho, A., Messina, J & Uribe J.P. (2024) The Expansion of Higher Education in Colombia: Bad Students or Bad Programs? The World Bank Economic Review, 00(0), 2024, 1–28 doi: 10.1093/wber/0000

Draper, N. R. (1998). Applied regression analysis. McGraw-Hill, Inc.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer.

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning*. Springer.

Jolliffe, I. T. (2002). Principal component analysis and factor analysis. En *Principal component analysis* (pp. 150–166). Springer.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (s. f.). Ciudades y territorios inteligentes [Página web]. Gobierno de Colombia. Recuperado el [13 de diciembre de 2024], de https://gobiernodigital.mintic.gov.co/portal/Iniciativas/Ciudades-y-Territorios-Inteligentes/



Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2025

- ministerio_tic
- @ministerio_tic
- @ministerio_tic

- @Ministerio_TIC
- MinisterioTIC.Colombia
- @ministeriotic