

## Propuesta de un conjunto de pautas de accesibilidad para la implementación de recursos educativos en línea

Proposal of a set of accessibility guidelines for the implementation of online educational resources

Gabriel Elías Chanchi Golondrino



Manuel Alejandro Ospina Alarcón



Fabián Rico Rodríguez



Universidad de Cartagena, Colombia

OPEN ACCESS

Recibido: 20/06/2023

Aceptado: 29/08/2023

Publicado: 03/11/2023

Correspondencia de autores:

[gchanchig@unicartagena.edu.co](mailto:gchanchig@unicartagena.edu.co)



Copyright 2020  
by Investigación e  
Innovación en Ingenierías

### Resumen

**Objetivo:** Proponer como aporte la especificación de un conjunto de pautas y criterios para acompañar los procesos de diseño, construcción y evaluación de recursos en línea educativos. Considerando que la normatividad actual a nivel de accesibilidad se enfoca principalmente en el diseño de aplicaciones web se parte de la hipótesis que las pautas y criterios definidos serán útiles para mejorar la calidad de los recursos educativos desde la perspectiva de la accesibilidad. **Metodología:** Se tomó en cuenta el patrón de investigación de Pratt, el cual consta de 4 fases: observación de la aplicación, identificación del problema, desarrollo de la solución y prueba de la solución. La metodología se enfocó en la caracterización de la norma colombiana de accesibilidad NTC 5854; en el diseño de pautas y criterios de accesibilidad para el área de los recursos en línea educativos; en implementar una herramienta de inspección soportada en los criterios definidos y en la evaluación de la accesibilidad de un recurso en línea educativo de matemáticas, mediante el uso de la herramienta implementada. **Resultados:** Se obtuvieron un total de 26 pautas de accesibilidad, discriminadas según los 4 principios así: perceptible: 8, comprensible: 9, operable: 6, robusto: 3. **Conclusiones:** Las pautas diseñadas y los criterios definidos a partir de estas demostraron ser útiles en la evaluación de un recurso en línea de matemáticas y pretenden servir como referencia a nivel académico como una guía para el diseño de recursos educativos que puedan beneficiar a un mayor número de estudiantes.

**Palabras clave:** Accesibilidad, recursos educativos, pautas de accesibilidad, NTC 5854.

### Abstract

**Objetivo:** To propose as a contribution the specification of a set of guidelines and criteria to accompany the processes of design, construction and evaluation of educational online resources. Considering that current accessibility standards focus mainly on the design of web applications, the hypothesis is that the defined guidelines and criteria will be useful to improve the quality of educational resources from an accessibility perspective. **Methodology:** Four methodological phases were defined, considering Pratt's iterative research pattern, which consists of four phases: observation of the application, identification of the problem, development of the solution and testing of the solution. The methodology focused on the characterization of the Colombian accessibility standard NTC 5854; the design of accessibility guidelines and criteria for the area of educational online resources; the implementation of an inspection tool based on the defined criteria; and the evaluation of the accessibility of a mathematics educational online resource, through the use of the implemented tool. **Results:** A total of 26 accessibility guidelines were obtained, discriminated according to the 4 accessibility principles as follows: perceptible: 8, understandable: 9, operable: 6, robust: 3. **Conclusions:** The guidelines designed, and the criteria defined from them proved to be useful in the evaluation of an online mathematics resource and are intended to serve as a reference at the academic level as a guide for the design of educational resources that can benefit a larger number of students.

**Keywords:** Accessibility, educational resources, accessibility guidelines, NTC 5854.

## Introducción

La pandemia originada por el COVID-19 obligó a los diferentes sectores a adaptar sus procesos a las dinámicas de la virtualidad, de tal modo que en el caso de las instituciones educativas y universidades, las actividades académicas fueron desarrolladas en el marco de la denominada presencialidad remota [1, 2, 3, 4, 5]. Así como apoyo al desarrollo de estas actividades académicas en presencialidad remota, muchos docentes y centros educativos aprovecharon diferentes recursos educativos disponibles en línea para mejorar la apropiación de las competencias y objetivos de aprendizaje de los cursos [6, 7, 8, 9].

Así, a partir de la amplia difusión de los recursos educativos en línea en presencialidad remota y en la transición a la presencialidad, la accesibilidad se ha venido convirtiendo en uno de los atributos fundamentales que permite ampliar el número de usuarios que acceden a estos recursos de forma equitativa y mejoran la interacción [10, 11, 12]. La accesibilidad puede ser definida como la medida en que sistemas, productos, servicios e instalaciones pueden ser usados por personas de una población con una amplia gama de capacidades, con el fin de lograr un objetivo específico dentro de un determinado contexto de uso (ISO 26800) [13, 14, 15, 16]. Del mismo modo, de acuerdo con la ISO 9241-171 puede ser definida en términos de la usabilidad, pero esta vez enfocada a un mayor número de usuarios con una amplia gama de capacidades [17, 18, 19]. De esta manera, la accesibilidad no solo se enfoca en la facilidad de uso, sino también en el éxito en el uso [13].

ICONTEC publicó en 2011 la norma colombiana de Accesibilidad Web - NTC5854, la cual corresponde a una adaptación de la norma WCAG 2.0 del consorcio W3C y define los requisitos desde la perspectiva de accesibilidad enfocados en diseñar y construir portales web, teniendo en cuenta los cuatro principios de accesibilidad: perceptible, operable, comprensible y robusto [20, 21, 22, 23, 24]. A pesar de que la normativa en mención busca promover el diseño accesible en soluciones tecnológicas, tiene como desventaja el hecho de enfocarse solamente en aplicaciones web, sin abordar otros contextos específicos tales como los videojuegos o los recursos educativos en línea. Así mismo la norma NTC 5854 no es de libre acceso, lo que dificulta su difusión y apropiación por parte de diseñadores y creadores de contenido.

Como aporte a la problemática anterior, el principal aporte de este artículo es la definición de un conjunto de pautas de accesibilidad para el diseño y construcción de recursos educativos en línea, así como un conjunto de criterios de verificación de las pautas propuestas y una herramienta que hace uso de los criterios definidos para conducir inspecciones heurísticas basadas en accesibilidad sobre recursos educativos en línea. Las pautas propuestas fueron obtenidas a partir de la caracterización y adaptación de las pautas correspondientes a accesibilidad mínima de la norma colombiana de accesibilidad Web NTC 5854. Finalmente, las pautas propuestas pretenden servir de referencia y apoyo en docentes y creadores de contenido académico, de cara a la creación de recursos educativos accesibles enfocados en un número más amplio de usuarios.

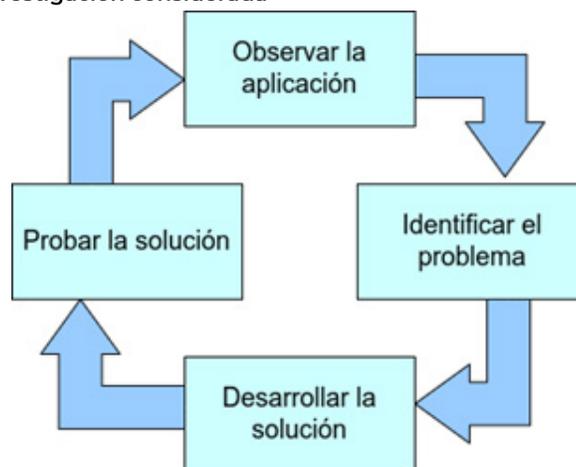
El resto del artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en primera instancia son descritas las fases de la metodología que guiaron el desarrollo del presente trabajo. Posteriormente, son presentados los resultados obtenidos en esta investigación, lo cual incluye las pautas de accesibilidad obtenidas a partir de la norma colombiana NTC 5854, así como los criterios definidos para las diferentes pautas propuestas. Del mismo modo, en esta sección se presentan las diferentes vistas de la herramienta de evaluación construida, la cual permite la conducción de inspecciones heurísticas de accesibilidad, considerando los criterios de verificación definidos. Por otra parte, en esta sección también se presenta el desarrollo de un caso de estudio en el cual se evalúa el nivel de accesibilidad de un recurso en línea educativo del área de matemáticas, mediante el uso de la herramienta construida. Finalmente, son presentadas las conclusiones y trabajos futuros obtenidos a partir de esta investigación.

## Metodología

En cuanto al desarrollo de la investigación presentada en este artículo, fueron definidas las cuatro fases metodológicas del patrón de investigación iterativo propuesto por Pratt [25, 26]: F1. observar la aplicación, F2. identificar el problema, F3. desarrollar la solución y F4. probar la solución (ver Figura 1).

Dentro de la fase 1 de la metodología, fueron caracterizados los principios (perceptible, operable, comprensible y robusto) y las pautas asociadas a cada principio dentro de la norma colombiana de accesibilidad web - NTC 5854, de tal modo que se exploraron las pautas de accesibilidad mínima, teniendo en cuenta que representan las condiciones básicas de accesibilidad que debe tener un aplicativo web. Dentro de la fase 2 de la metodología, se partió de las pautas caracterizadas en la fase 1, de cara a tanto a la definición y adaptación de pautas de accesibilidad para diseñar recursos educativos en línea, como al diseño de criterios de evaluación del cumplimiento de cada una de las pautas definidas. En la fase 3 de la metodología, fue construida en el lenguaje de programación Java una herramienta para conducir inspecciones de accesibilidad y determinar el nivel de cumplimiento de los cuatro principios de accesibilidad, partiendo de los criterios de evaluación definidos dentro de la fase 2. Por último, en la fase 4, se desarrolló un estudio de caso o inspección de accesibilidad sobre un recurso educativo en línea del área de matemáticas, en el cual se buscó obtener el grado de cumplimiento de los cuatro principios de accesibilidad, considerando los criterios definidos en la fase 3.

Figura 1. Metodología de investigación considerada



Fuente: Elaboración Propia

## Resultados

En esta sección son presentados los resultados que se obtuvieron mediante el desarrollo de la presente investigación, lo cual incluye la definición de un conjunto de pautas de accesibilidad para diseñar recursos educativos en línea, así como la especificación de criterios de evaluación asociados a las pautas definidas y la creación de una herramienta software para la conducción de inspecciones heurísticas de accesibilidad basada en los criterios especificados, a través de la cual se realizó un caso de estudio en el que se evaluó la accesibilidad de un recurso en línea educativo del área de las matemáticas. Así, en la Tabla 1 son presentadas las pautas de accesibilidad definidas mediante la caracterización de la norma de accesibilidad NTC 5854.

Tabla 1: Pautas de accesibilidad definidas

Pautas definidas	
Perceptible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro del recurso educativo los contenidos sin texto (video, audio e imágenes) están disponibles como texto.</li> <li>• Los contenidos de audio y video del recurso educativo en línea cuentan con una alternativa que presenta la información de modo equivalente (texto, imágenes, pista sonora como alternativa al video).</li> <li>• Tanto las presentaciones multimedia, como los contenidos de video incluidos en el recurso educativo cuentan con subtítulos.</li> <li>• Las presentaciones multimedia incluidas en el recurso cuentan con una audio-descripción que permite comprender las acciones, cambios de escena, personajes y demás elementos relevantes de la presentación.</li> <li>• Al acceder al recurso educativo desde diferentes agentes de usuario, se conserva la información, la jerarquía visual de los componentes y el orden de lectura del contenido.</li> <li>• Las instrucciones proporcionadas para entender y operar el contenido perteneciente al recurso educativo, no se basan solamente en la forma, tamaño, ubicación y orientación de los componentes.</li> <li>• Dentro del recurso educativo, el color no es usado como único medio visual para transmitir una información, indicar una acción o distinguir un elemento visual.</li> <li>• Si el recurso educativo cuenta con un audio o música de fondo, se dispone de un mecanismo para controlar el volumen, pausar o detener el audio.</li> </ul>
Operable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La navegación y funcionalidad del contenido del recurso educativo puede ser operada mediante el teclado.</li> <li>• El recurso educativo garantiza que al navegar por el contenido del mismo, el foco del teclado no quede atrapado.</li> <li>• El recurso educativo proporciona a los estudiantes el tiempo suficiente para leer y operar el contenido, así como configurar las opciones de tiempo de lectura en caso de que el contenido dependa del tiempo.</li> <li>• El recurso educativo permite al estudiante detener, pausar u ocultar cualquier información en movimiento que inicie automáticamente y en paralelo a otro contenido del recurso.</li> <li>• Dentro del recurso educativo se ha evitado el uso de componentes animados que parpadeen más de tres veces por segundo.</li> <li>• Dentro del recurso educativo ha sido evitado el uso de bloques repetidos de contenido (marcos de publicidad, gráficos de cabecera, enlaces, etc.)</li> <li>• Las diferentes secciones del recurso educativo tienen un título que describe el propósito del contenido que se presenta en cada sección.</li> <li>• La navegación por las diferentes secciones y componentes del recurso educativo mediante el teclado, posibilita que el orden del foco guarde coherencia.</li> <li>• Los enlaces usados dentro del recurso educativo cuentan con un texto claro y que describe el propósito del enlace.</li> </ul>
Comprensible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información textual del recurso educativo se ha presentado de manera clara y concisa.</li> <li>• En caso de que el recurso educativo cuente con soporte en varios lenguajes, la información es presentada de manera correcta en cada uno de estos.</li> <li>• El recurso educativo ha evitado que sus diferentes componentes al recibir el foco desencadenen un evento o un cambio en el contexto.</li> <li>• Dentro del recurso educativo los eventos o cambios en el contexto son provocados de manera predecible y como respuesta a las acciones del estudiante.</li> <li>• En caso de que dentro del recurso educativo el estudiante cometa un error en el ingreso de los datos, se identifica el error y se describe de manera clara la causa de este.</li> <li>• El recurso educativo incluye etiquetas e instrucciones que indican al estudiante el formato y tipo de datos esperados en las entradas.</li> </ul>
Robusto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información del recurso educativo es presentada de manera adecuada y correcta en diferentes agentes de usuario.</li> <li>• El recurso educativo ha sido creado haciendo uso de tecnologías convencionales y que pueden ser accedidas y consumidas desde diferentes agentes de usuario.</li> <li>• La información del recurso educativo ha controlado el peso de los diferentes componentes multimedia, de tal modo que el recurso pueda ser consumido de manera adecuada en diferentes agentes de usuario.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

A partir de las pautas definidas de accesibilidad para recursos educativos y presentados en la Tabla 1, fueron especificados un total de 33 criterios de verificación del cumplimiento del alcance de cada pauta y por ende de los cuatro principios de accesibilidad, los cuales son presentados en la Tabla 2 (11 del principio perceptible, 12 del principio operable, 6 del principio comprensible, 4 del principio robusto). Los criterios mencionados fueron expresados en forma de pregunta y pueden ser calificados en el rango de 0 a 5 por un conjunto de evaluadores dentro de una inspección de accesibilidad.

Tabla 2: Criterios de accesibilidad definidos

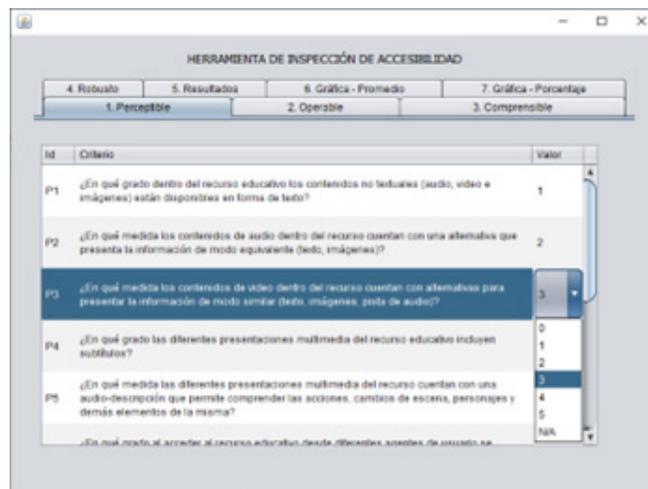
Pautas definidas	
Perceptible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué grado dentro del recurso educativo los contenidos sin texto (video, audio e imágenes) están disponibles en modo texto?</li> <li>• ¿En qué grado los contenidos de audio dentro del recurso educativo tienen una alternativa que presenta la información de una manera equivalente (imágenes, texto)?</li> <li>• ¿En qué medida los contenidos de video dentro del recurso cuentan con alternativas para presentar la información de modo similar (texto, imágenes, pista de audio)?</li> <li>• ¿En qué grado las diferentes presentaciones multimedia del recurso educativo cuentan con subtítulos?</li> <li>• ¿En qué grado las diferentes presentaciones multimedia del recurso tienen una audio-descripción que permite entender las acciones, cambios de escena, personajes y demás elementos de estas?</li> <li>• ¿En qué medida al acceder al recurso educativo desde diferentes agentes de usuario se conserva la información, la estructura y jerarquía visual de los componentes?</li> <li>• ¿En qué medida al acceder al recurso educativo desde diferentes agentes de usuario se preserva el orden de lectura del contenido?</li> <li>• ¿En qué grado para la operación y comprensión de los contenidos del recurso educativo se ha evitado usar solamente el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación de los diferentes componentes?</li> <li>• ¿En qué medida dentro del recurso educativo, ha sido evitado el uso del color como medio único para transmitir una información, indicar una acción o diferenciar un elemento visual?</li> <li>• ¿En qué grado se dispone de mecanismos para controlar el volumen de la música de fondo incluida en el recurso educativo?</li> <li>• ¿En qué medida se dispone de mecanismos para pausar o detener el audio de la música de fondo del recurso educativo?</li> </ul>
Operable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué medida la navegación por el recurso educativo puede ser realizada mediante el teclado?</li> <li>• ¿En qué grado las diferentes funcionalidades con las que cuenta el recurso educativo pueden ser operadas desde el teclado?</li> <li>• ¿En qué medida se ha evitado que al navegar por el contenido del recurso educativo el foco del teclado se quede atrapado?</li> <li>• ¿En qué grado el recurso educativo proporciona a los estudiantes el tiempo suficiente para leer y operar el contenido?</li> <li>• ¿En qué grado el recurso educativo provee mecanismos para configurar el tiempo de lectura o pausar el contenido?</li> <li>• ¿En qué medida el recurso educativo permite al estudiante detener, pausa u ocultar cualquier información en movimiento que se inicie automáticamente y en paralelo a otro contenido del recurso?</li> <li>• ¿En qué grado dentro del recurso educativo se ha evitado el uso de componentes animados que parpadeen más de tres veces por segundo?</li> <li>• ¿En qué medida dentro del recurso educativo ha sido evitado el uso de bloques repetidos de (marcos de publicidad, gráficos desplegados en cabecera, enlaces, etc.)</li> <li>• ¿En qué medida las distintas secciones que componen el recurso educativo cuentan con un título?</li> <li>• ¿En qué grado el título presente en las diferentes secciones del recurso describe el propósito de cada sección de manera adecuada?</li> <li>• ¿En qué medida la navegación dentro del recurso educativo a través del teclado posibilita que el orden del foco tenga coherencia?</li> <li>• ¿En qué grado los enlaces usados dentro del recurso educativo cuentan con un texto claro que describe el propósito del enlace?</li> </ul>

<p>Comprensible</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué medida la información textual del recurso educativo se presenta de manera clara y concisa?</li> <li>• ¿En qué grado la información del recurso educativo es presentada de manera correcta en los idiomas que soporta?</li> <li>• ¿En qué medida se ha evitado que los diferentes componentes del recurso educativo desencadenen un evento o modificación en el contexto cuando el foco es recibido?</li> <li>• ¿En qué grado los eventos o cambios en el contexto son provocados de manera predecible y como respuesta a las acciones del estudiante sobre un determinado componente?</li> <li>• ¿En qué medida dentro del recurso educativo los errores provocados por la interacción son identificados y descritos de manera clara a los estudiantes?</li> <li>• ¿En qué medida el recurso educativo incluye etiquetas e instrucciones que indican al estudiante el formato y el tipo de datos requeridos en las entradas?</li> </ul>
<p>Robusto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué grado la información del recurso educativo se presenta de manera adecuada y correcta en los diferentes agentes de usuario?</li> <li>• ¿En qué grado el recurso educativo ha sido creado haciendo uso de tecnologías que son compatibles con diferentes agentes de usuario?</li> <li>• ¿En qué medida dentro del recurso educativo se ha controlado el peso de los diferentes componentes multimedia?</li> <li>• ¿En qué grado el recurso educativo cuenta con tiempos de respuesta y tiempos de carga adecuados?</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración, los criterios de verificación definidos y presentados en la Tabla 2, se desarrolló una herramienta para la conducción de inspecciones en Java, la cual posibilita la evaluación de estos criterios y la determinación del nivel o porcentaje de cumplimiento de cada uno de los cuatro principios de accesibilidad en un recurso educativo determinado. Así, en la Figura 2, se muestra la interfaz principal de la herramienta implementada, la cual está conformada por siete pestañas a saber: “1.Perceptible”, “2.Operable”, “3.Comprensible”, “4.Robusto”, “5.Resultados”, “6.Gráfica-Promedio”, “6.Gráfica- Porcentaje”.

Figura 2. Interfaz principal de la herramienta de inspección



Fuente: Elaboración Propia

En las cuatro primeras pestañas, los evaluadores que conducen una inspección pueden calificar en el rango numérico de 0 a 5 los criterios de verificación correspondientes a los cuatro principios de accesibilidad considerados. Así, en la Figura 2 se presenta la pestaña que permite la calificación o evaluación de los criterios del principio “Perceptible”, la cual tiene una estructura similar al de las cuatro primeras pestañas.

Del mismo modo, en la quinta pestaña, una vez los evaluadores han calificado o evaluado el cumplimiento por criterio en los 4 principios de accesibilidad, se presentan los resultados promedio obtenidos por cada principio y de manera general, tal como se muestra en la Figura 3. A modo de ejemplo, en la Figura 3 se puede apreciar que para las calificaciones aleatorias de ejemplo realizadas en las cuatro primeras pestañas a los criterios de verificación, se obtiene que el principio perceptible obtuvo la menor calificación (2.091), mientras que el principio robusto obtuvo la calificación más alta (3.250). Del mismo modo, el promedio de las calificaciones de los principios fue de 2.606.

**Figura 3. Pestaña “Resultados” de la herramienta de inspección**

Id	Promedio
PERCEPTIBLE	2,091
OPERABLE	2,583
COMPRESIBLE	2,500
ROBUSTO	3,250
PROMEDIO GENERAL	2,606

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, la Figura 4 presenta la interfaz gráfica correspondiente a la sexta pestaña, en la cual la herramienta de inspección genera un diagrama de barras que incluye las calificaciones promedio determinadas en la inspección realizada por los evaluadores. Así, a nivel específico en la Figura 4 es presentado el diagrama de barras asociado a los resultados de ejemplo mostrados en la Figura 3.

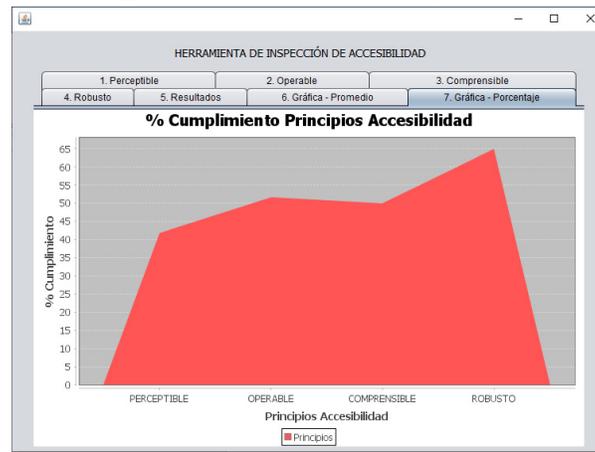
**Figura 4. Pestaña “Gráfica-Promedio” de la herramienta de inspección**



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en la Figura 5 es presentada la interfaz gráfica de la séptima pestaña de la herramienta de inspección, en la cual se genera un gráfico de área que muestra el porcentaje de cumplimiento de cada principio de accesibilidad, a partir de la evaluación realizada por un grupo de evaluadores a los criterios de verificación. Este porcentaje de cumplimiento es obtenido al multiplicar la calificación obtenida en cada principio por veinte para adecuarlo a la escala de 0 a 100. Así, a nivel específico en la Figura 5 es presentado el diagrama de área asociado al promedio de las calificaciones y mostradas en la Figura 3. De este modo se observa que a partir de las calificaciones promedio de la Figura 3, se obtuvo que el principio “Robusto” tuvo el mayor porcentaje de cumplimiento con un 65%, mientras que el principio “Perceptible” obtuvo el menor porcentaje de cumplimiento con un 42%.

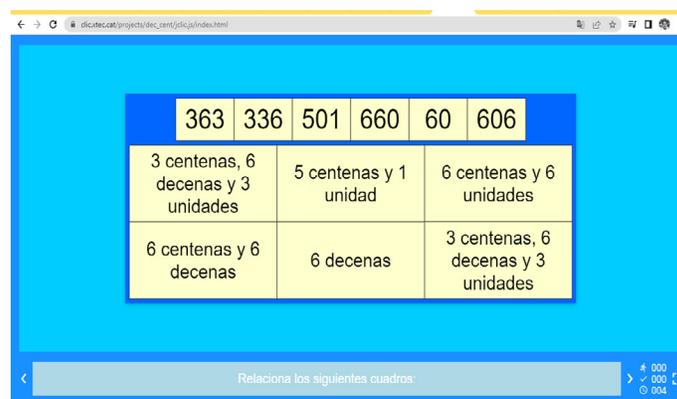
Figura 5. Pestaña “Gráfica-Porcentaje” de la herramienta de inspección



Fuente: Elaboración propia

Partiendo de la herramienta construida, se desarrolló un estudio de caso en el que fue evaluada la accesibilidad del recurso educativo del área de matemáticas “Las decenas y las centenas”, el cual se encuentra disponible en la Biblioteca de Recursos Educativos de la localidad de Cataluña (ver Figura 6). El recurso educativo fue construido mediante el uso de la herramienta de autoría JClíc [27, 28] y teniendo en cuenta con un conjunto de actividades enfocadas en la apropiación de la temática de identificación de unidades, decenas y centenas en números naturales, la cual se orienta en educación básica primaria.

Figura 6. Recurso educativo inspeccionado



Fuente: Elaboración propia

1 Enlace del recurso: [https://clic.xtec.cat/projects/dec\\_cent/jclic.js/index.html](https://clic.xtec.cat/projects/dec_cent/jclic.js/index.html)

Continuando con el caso de estudio, una vez fueron inspeccionadas las diferentes actividades con las que cuenta el recurso educativo y calificados los criterios definidos en la Tabla 2 mediante el uso de la herramienta propuesta, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 3.

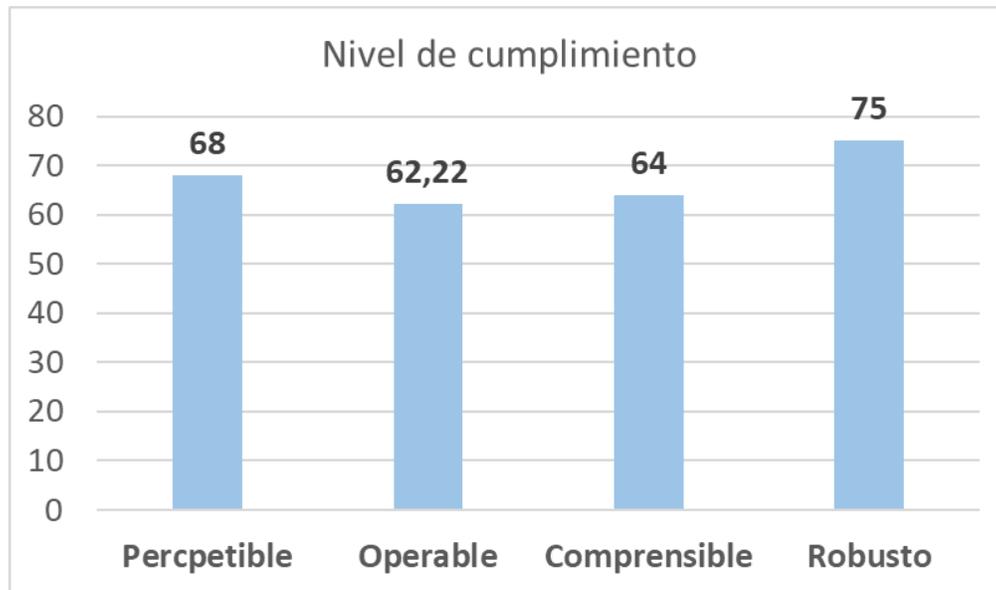
Tabla 3: Resultados caso de estudio

Principio	Evaluación promedio	Nivel de cumplimiento
Perceptible	3.4	68%
Operable	3.11	62.22%
Comprensible	3.2	64%
Robusto	3.75	75%
Promedio Total	3.365	67.3%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3, es posible apreciar que en lo que respecta al nivel de cumplimiento de los cuatro principios de accesibilidad oscila entre 62.22% y 75%, de tal modo que el principio que se cumple en mejor medida en el recurso es el “Robusto”, mientras que el principio de accesibilidad que se cumple en menor medida es el “Operable”. Lo anterior, puede observarse de una forma más clara en la Figura 7, en la cual se muestra un diagrama de barras con los niveles de cumplimiento de cada principio.

Figura 7. Niveles de cumplimiento del caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

En términos generales, el principio “Robusto” es el que en menor medida se cumple, teniendo en cuenta que el recurso ha sido construido haciendo uso de tecnologías convencionales como Javascript y considerando ciertas pautas de diseño responsive que permiten que el recurso pueda ser desplegado en diferentes dispositivos, quedando como desafío el manejo del tamaño de la fuente en dispositivos móviles. Del mismo modo, el principio “Operable” es el que se cumple en menor medida en el recurso, teniendo en cuenta principalmente que la interacción con las diferentes actividades lúdicas del recurso solo puede realizarse haciendo uso del ratón, limitando el uso del teclado a la navegación por el recurso. Finalmente, en la Tabla

4 son presentadas un conjunto de recomendaciones específicas que se obtuvieron a través de la inspección de accesibilidad, las cuales pueden ser consideradas para mejorar la calidad del recurso educativo en línea desde la perspectiva de la accesibilidad.

Tabla 4: Recomendaciones de accesibilidad obtenidas

Principio	Recomendaciones
Perceptible	Inclusión de alternativas textuales en las diversas imágenes disponibles en el recurso. Ajustar el tamaño de la letra cuanto se accede desde diferentes agentes de usuario. Especificar las instrucciones sin hacer alusión solo a la forma y a la ubicación.
Operable	Incluir la funcionalidad de realizar la interacción en las actividades del recurso mediante el teclado. Definir una estructura y un título para las diferentes secciones para llevar un mejor hilo conductor.
Comprensible	Especificar las instrucciones de las actividades del recurso sin depender de la forma y ubicación de los componentes. Mejorar el contraste entre el fondo y el color de la fuente de las instrucciones. Incluir mensajes de error que orienten al usuario sobre la causa del mismo.
Robusto	Mejorar el tamaño de la letra cuando el recurso se accede desde otros agentes de usuario (dispositivos móviles).

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

A partir de la amplia difusión y el alcance de los recursos educativos en línea durante la presencialidad remota y en la postpandemia, atributos de calidad como la usabilidad y la accesibilidad se han ido convirtiendo en atributos fundamentales a considerar para el diseño de recursos educativos por parte de docentes y creadores de contenido, de cara tanto a propiciar el enfoque de diseño centrado en el usuario, como permitir a un amplio número de usuarios acceder, consumir, percibir e interactuar con el contenido interactivo de los recursos. De este modo, es importante para los diseñadores y creadores de recursos, no solo centrarse en los contenidos y en la estructura de los recursos, sino también tener en cuenta pautas de accesibilidad y usabilidad que permitan que dichos recursos puedan ser consumidos por un público mayor.

Como contribución fundamental de este trabajo, se propusieron un conjunto de pautas de accesibilidad para diseñar y crear recursos en línea educativos, las cuales fueron adaptadas y diseñadas a partir de la exploración y apropiación de la norma colombiana de accesibilidad web NTC 5854 del ICONTEC. Del mismo modo, a partir de dichas pautas fueron especificados criterios de verificación, los cuales fueron expresados en términos de pregunta y pueden ser usados en la conducción de inspecciones de accesibilidad. De este modo, las pautas y los criterios de verificación propuestos pretenden servir de referencia dentro del proceso de creación de recursos educativos en línea, desde la perspectiva de la accesibilidad. Así mismo, estas pautas de accesibilidad pueden ser consideradas para ser extrapoladas a otros contextos de aplicación, tales como videojuegos, aplicaciones interactivas de TV, etc.

A partir de los criterios especificado, se desarrolló una herramienta automatizada en el lenguaje Java para conducir de inspecciones de accesibilidad, la cual permite a los evaluadores tanto la calificación de los criterios correspondientes a los cuatro principios, como la obtención de resultados estadísticos y gráficos de la inspección. Teniendo en cuenta las ventajas provistas por la herramienta a nivel de los resultados que

permite obtener, se pretende que sea difundida en el contexto académico para la evaluación de recursos educativos y que sea extrapolada a otros contextos, en los que se desean realizar inspecciones heurísticas de usabilidad y accesibilidad.

El estudio de caso desarrollado mediante el uso de la herramienta de inspección sobre el recurso educativo “Las decenas y las centenas”, permitió determinar que el nivel total de accesibilidad del recurso fue de 67.3%, de tal modo que el principio que obtuvo un mayor nivel de cumplimiento fue el “Robusto” con un 75%, mientras que el principio que obtuvo un menor nivel de cumplimiento fue el “Operable” con un 62.2%. A nivel del principio “Robusto” se destaca las tecnologías empleadas para la construcción del recurso, las cuales permiten la compatibilidad con múltiples dispositivos. Del mismo modo, en lo referente al principio “Operable” se tiene como desafío el permitir la interacción con el teclado en las diferentes actividades lúdicas del recurso, las cuales solo se pueden accionar mediante el ratón.

Como trabajo futuro derivado de esta investigación, se pretende ampliar las pautas de accesibilidad y los criterios de verificación, teniendo en cuenta las pautas de accesibilidad correspondientes a los niveles de conformidad AA y AAA. Del mismo modo, se pretende extrapolar las pautas propuestas al contexto de los videojuegos educativos.

## Referencias bibliográficas

1. M. Almetwazi, N. Alzoman, S. Al-Massarani, and A. Alshamsan, “COVID-19 impact on pharmacy education in Saudi Arabia: Challenges and opportunities,” *Saudi Pharm. J.*, vol. 28, no. 11, pp. 1431–1434, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jsps.2020.09.008.
2. G. E. Chanchí-Golondrino, M. E. Ospino-Pinedo, and M. Á. García-Bolaños, “Emociones y sentimientos en docentes universitarios durante la pandemia del COVID-19,” *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 26, no. 5, pp. 123–139, 2021, doi: 10.52080/rvgluz.26.e5.9.
3. A. Q. Noori, “The impact of COVID-19 pandemic on students’ learning in higher education in Afghanistan,” *Heliyon*, vol. 7, no. 10, p. e08113, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08113.
4. T. D. Oyedotun, “Sudden change of pedagogy in education driven by COVID-19: Perspectives and evaluation from a developing country,” *Research in Globalization*, vol. 2, no. 100029, p. 100029, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.resglo.2020.100029.
5. V. Ratten and P. Jones, “Covid-19 and entrepreneurship education: Implications for advancing research and practice,” *Int. J. Manag. Educ.*, vol. 19, no. 1, p. 100432, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.ijme.2020.100432.
6. J. Abi-Rafeh and A. J. Azzi, “Emerging role of online virtual teaching resources for medical student education in plastic surgery: COVID-19 pandemic and beyond,” *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.*, vol. 73, no. 8, pp. 1575–1592, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.bjps.2020.05.085.
7. R. A. Abumalloh et al., “The impact of coronavirus pandemic (COVID-19) on education: The role of virtual and remote laboratories in education,” *Technol. Soc.*, vol. 67, no. 101728, p. 101728, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.techsoc.2021.101728.
8. H. Park, S. Shim, and Y.-M. Lee, “A scoping review on adaptations of clinical education for medical students during COVID-19,” *Prim. Care Diabetes*, vol. 15, no. 6, pp. 958–976, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.pcd.2021.09.004.
9. E. Wittenberg, J. V. Goldsmith, C. Chen, M. Prince-Paul, and B. Capper, “COVID 19-transformed nursing education and communication competency: Testing COMFORT educational resources,” *Nurse Educ. Today*, vol. 107, no. 105105, p. 105105, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.nedt.2021.105105.

10. M. Ahmad, S. Kanwal, M. A. Habib, and C. M. N. Faisal, "Usability and accessibility based quality evaluation of apparel websites in Pakistan," in *2020 IEEE 23rd International Multitopic Conference (INMIC)*, Bahawalpur, Pakistan, Nov. 2020. doi: 10.1109/INMIC50486.2020.9318163.
11. S. Baldiris, L. Mancera, D. Vargas, and G. Velez, "Accessibility evaluation of web content that support the mathematics, geometry and physics's teaching and learning," in *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Maceió, Brazil, Jul. 2019. doi: 10.1109/ICALT.2019.00094.
12. D. Giulianelli, P. Vera, C. Pons, and C. Gonzalez, "Mobile government websites analysis," in *2012 7th Colombian Computing Congress (CCC)*, Medellín, Colombia, Oct. 2012. doi: 10.1109/ColombianCC.2012.6398042.
13. S. Luján Mora, "Accesibilidad Web." 2014. [Online]. Available: <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=que-es-accesibilidad>
14. J. Williams, "Standards for the Software Design Practitioner," *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, vol. 20, 2012, doi: 10.1177/106480461244248.
15. W. Karwowski, R. Taiar, D. Rodrick, B. Sherehiy, and R. Fox, "Human Factors And Ergonomics Standards," in *Handbook Of Human Factors And Ergonomics*, 1st ed., John Wiley & Sons, 2021. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119636113>
16. H. Persson, H. Åhman, A. Yngling, and J. Gulliksen, "Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts—one goal? On the concept of accessibility—historical, methodological and philosophical aspects," *Universal Access in the Information Society*, vol. 14, no. 4, 2014, doi: 10.1007/s10209-014-0358-z.
17. D. Fourney and J. Carter, "Ergonomic accessibility standards," presented at the Conference: Proceedings of the 16th World Congress on Ergonomics (IEA 2006), Maastricht, The Netherlands, 2006. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/236660378\\_Ergonomic\\_accessibility\\_standards/link/5d4754c2299bf1995b663625/download](https://www.researchgate.net/publication/236660378_Ergonomic_accessibility_standards/link/5d4754c2299bf1995b663625/download)
18. A. C. Lima, M. Vieira, A. Martins, L. Mouzinho, and N. Rocha, "Application of the ISO 9241-171 Standard and Usability Inspection Methods for the Evaluation of Assistive Technologies for Individuals with Visual Impairments," 2020, pp. 643–653. doi: 10.1007/978-3-030-45691-7\_60.
19. A. Rodríguez-Ascaso and L. Martínez-Normand, *Guía sobre normalización de accesibilidad de las TIC*, 1st ed. Centac, 2011. [Online]. Available: [https://sid-inico.usal.es/docs/F8/FDO26088/guia\\_accesibilidad\\_tic.pdf](https://sid-inico.usal.es/docs/F8/FDO26088/guia_accesibilidad_tic.pdf)
20. D. Pérez, G. E. Chanchí-Golondrino, and M. I. Vidal, "Identificación de problemas de accesibilidad en juegos serios," *Revista Colombiana de Computación*, vol. 19, no. 2, pp. 24–36, 2018, doi: 10.29375/25392115.3440.
21. Y. Rengifo, G. E. Chanchí-Golondrino, D. Pérez, and W. Campo, "Aplicativo web para la ejecución de evaluaciones heurísticas de accesibilidad en portales web según la norma NTC 5854," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, vol. 26, pp. 501–513, 2020.
22. Alta Consejería Distrital de TIC, "Lineamiento de accesibilidad para sitios web institucionales." Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019. [Online]. Available: <https://tic.bogota.gov.co/documentos/lineamiento-accesibilidad-web-sitios-web-institucionales>
23. G. E. Chanchí-Golondrino, W. Y. Campo-Muñoz, and J.-L. Pérez-Medina, "Definición de criterios de accesibilidad mínima para la construcción de aplicaciones web," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação - RISTI*, no. E41, pp. 424–436, 2021.

24. J. Gil, P. Gaona-García, C. Montenegro-Marín, and A. Gómez-Acosta, "Modelo ontológico de navegación en la red para personas con discapacidad visual," *Información Tecnológica*, vol. 31, no. 2, 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000200031.
25. K. S. Pratt and H. R. Bright, "Design patterns for research methods: Iterative field research." [Online]. Available: [http://kpratt.net/wp-content/uploads/2009/01/research\\_methods.pdf](http://kpratt.net/wp-content/uploads/2009/01/research_methods.pdf)
26. V. Vera-Paz, A. Ramírez-Obando, and C. Cobos-Lozada, "Generic Services Model for the Automatic Improvement of Business Processes," *Inge CUC*, vol. 18, no. 2, 2022, doi: 10.17981/ingecuc.18.2.2022.06.
27. C. A. Ruíz Ramírez, D. M. Montoya Quintero, y J. A. Jiménez Builes, "Un Ambiente visual integrado de desarrollo para el aprendizaje de programación en robótica", *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 9, n.º 1, pp. 7–21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.9.1.3957>
28. G. E. Chanchí-Golondrino, P. Acosta-Vargas, and W. Y. Campo-Muñoz, "Construcción de recursos educativos para la temática de accesibilidad en el curso de interacción humano computador," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, vol. 23, pp. 171–183, 2019.