



ESCUELA
POLITÉCNICA
SUPERIOR

Accesibilidad de las visualizaciones de información sanitaria en la Web: situación actual, propuesta de una guía de accesibilidad y desarrollo de un prototipo accesible



Grado en Ingeniería Biomédica

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Alejandra Castillo Valdés

Tutor:

Sergio Luján Mora

Mayo 2024

Índice de contenido

Introducción	10
Contexto de personas con discapacidad	12
Términos generales	12
Patologías sensoriales para tratar	13
Introducción a las visualizaciones	17
Estado del arte	19
Introducción a la accesibilidad	19
Problemas de accesibilidad en visualizaciones	20
Estándares, directrices de diseño y legislación para crear visualizaciones accesibles	24
Ámbito internacional	24
Ámbito europeo	26
Ámbito nacional	28
Herramientas y tecnologías inclusivas	29
Investigaciones y estudios relevantes	35
Artículo 1 "Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency."	35
Artículo 2 "Visualizing for the non-visual: enabling the visually impaired to use visualization."	36
Artículo 3 "How accessible is my visualization? Evaluating visualization accessibility with Chartability."	37
Artículo 4 "An evaluation of accessibility of Covid-19 statistical charts of governments and health organisations for people with low vision."	38

Artículo 5 "Visualization for the blind."	39
Artículo 6 "COVID-19 highlights the issues facing blind and visually impaired people in accessing data on the Web."	40
Artículo 7 "Accessible visualization via natural language descriptions: a four-level model of semantic content.".....	40
Artículo 8 "How accessibility standards can empower better chart visual design."	41
Similitudes de los estudios	42
Más allá de las normas.....	45
Relación con mi proyecto	46
Objetivos.....	47
Metodología	49
Planificación del proyecto.....	49
Herramientas utilizadas.....	50
Trello.....	50
TimeCamp.....	51
Google Calendar.....	51
Canvas	52
Integración de herramientas	52
Comunicación con el tutor.....	52
Propuesta: guía de accesibilidad en visualizaciones de datos.....	53
Análisis de las WCAG 2.2 en visualizaciones de datos.....	53
Agrupación de las WCAG 2.2 seleccionadas en bloques comunes	57
Recomendaciones para cada bloque de WCAG 2.2.....	58

Recomendaciones para el bloque de texto e idioma.....	58
Recomendaciones para el bloque de color	61
Recomendaciones para el bloque de etiquetado de elementos y orden	63
Recomendaciones para el bloque de movimiento y animaciones	67
Recomendaciones para el bloque de prácticas a evitar.....	69
Recomendaciones generales.....	70
Simplificar	70
Proporcionar contexto.....	71
Definir la estructura	71
Aportar valor mediante datos fiables y precisos	72
Facilitar comparaciones entre datos	72
Flexibilidad con el usuario	73
Estado de la accesibilidad actual en casos reales mediante el uso de la guía de accesibilidad. 74	
Ejemplo portal de Sanidad de la Comunidad Valenciana.....	74
Ejemplo web del Servicio Madrileño de Salud (SERMAS)	75
Ejemplo web del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII).....	76
Ejemplo web del Ministerio de Sanidad	77
Implementación: toma de decisiones y desarrollo de visualizaciones accesibles en la Web. ... 79	
Implementación en página web.....	79
Implementación del código HTML.....	83
Implementación del código JavaScript	86

Implementación del código CSS	87
Implementación en Power BI	88
Conclusiones.....	94
Bibliografía	96
Anexos	103

Índice de figuras

Todas las figuras del documento son de elaboración propia, a no ser que se indique lo contrario con la indicación de la fuente.

Figura 1: Ejemplo 1 de gráfico de barras poco accesible.....	22
Figura 2: Ejemplo 2 de gráfico de barras poco accesible.....	23
Figura 3: Ejemplo 3 de gráfico de líneas poco accesible	23
Figura 4: Tabla Resumen Normativa de Accesibilidad. Fuente: (47)	29
Figura 5: Captura de pantalla de las opciones de la herramienta PBI.....	31
Figura 6: Vista previa de las 10 heurísticas más críticas de Chartability. Fuente: (63)	37
Figura 7: Puntuaciones medias por organismos de las evaluaciones del estudio. Fuente: (64) 39	
Figura 8: Resultados de una pregunta de la encuesta online sobre si los contenidos son accesibles con sus dispositivos de ayuda. Fuente: (66)	40
Figura 9: Comparación de contraste de colores accesibles según tema oscuro y claro de la paleta de Google. Fuente: (68)	42
Figura 10: Captura de pantalla de los tableros de Trello de cara al final del proyecto.	51
Figura 11: Captura de pantalla de la interfaz de TimeCamp para un día en concreto.	51
Figura 12: Listado de 26 colores que cumplen el ratio de contraste exigido con respecto a textos en color negro y blanco. Fuente: (73).....	62
Figura 13: Ejemplo de falta de accesibilidad en la web de la Conselleria de Sanidad de la Generalitat Valenciana. Fuente: (74).....	74
Figura 14: Ejemplo de falta de accesibilidad en un gráfico de barras en la web del servicio de Salud de la Comunidad de Madrid. Fuente: (75).	75
Figura 15: Ejemplo de visualización poco accesible de la web interactiva de mortalidad del ICIII. Fuente: (76).	76

Figura 16: Ejemplo de tabla no accesible del Ministerio de Sanidad acerca de los principales efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica. Fuente: (77).....	78
Figura 17: Página implementada en HTML con un tema claro.	80
Figura 18: Página implementada en HTML con un tema oscuro.....	81
Figura 19: Página implementada en HTML con un tema adaptado a daltonismo de tipo acromatopsia.....	82
Figura 20: Página implementada en HTML con un tema adaptado a daltonismo de tipo deuteranopia.	83
Figura 21: Captura de la web implementada donde aparece la declaración de accesibilidad que genera la herramienta del W3C.....	86
Figura 22: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema claro.....	91
Figura 23: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema oscuro.	91
Figura 24: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema adaptado a daltonismo de tipo acromatopsia.....	92
Figura 25: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema adaptado a daltonismo de tipo deuteranopia.	92
Figura 26: Ejemplo de tooltip por defecto de Power BI. Tarjeta emergente que ofrece un resumen del dato.....	93
Figura 27: Opciones de Power BI para ordenar la tabulación adaptado a lectores de pantalla . Los elementos decorativos como 'Forma título' aparecen ocultos para el lector.	93

Índice de tablas

Todas las tablas del documento son de elaboración propia, a no ser que se indique lo contrario con la indicación de la fuente.

Tabla 1: Resumen y similitudes entre los artículos analizados.....	44
Tabla 2: Recopilación de principios, directrices, niveles y criterios de éxito de WCAG 2.2 relevantes en las visualizaciones de datos.....	54
Tabla 3: Recopilación de criterios de éxito de las WCAG 2.2 y el bloque común de estudio que se les ha asignado.....	58
Tabla 4: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de texto e idioma y sus recomendaciones	61
Tabla 5: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de color y sus recomendaciones	63
Tabla 6: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de etiquetado de elementos y orden y sus recomendaciones.....	67
Tabla 7: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de movimiento y animaciones y sus recomendaciones	69
Tabla 8: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de prácticas a evitar y sus recomendaciones	69

Introducción

En la era digital, el acceso equitativo a la información sanitaria es esencial. (1) El objetivo es garantizar que todas las personas, independientemente de sus capacidades, puedan beneficiarse de los avances biomédicos y tomar decisiones informadas sobre su salud. La creciente prevalencia de visualizaciones de información sanitaria en la Web ha transformado la manera en que interactuamos con datos biomédicos. Brindando así, oportunidades sin precedentes para comprender y comunicar complejidades médicas. (2)

Sin embargo, a pesar de estos avances, la accesibilidad a las visualizaciones con datos de salud en la Web sigue siendo un desafío significativo. Para muchas personas con discapacidades visuales u otras limitaciones, la interpretación de gráficos, tablas y otras representaciones visuales puede ser una tarea difícil. Esto limita sus capacidades para comprender plenamente la información médica presentada en línea.

La accesibilidad es un principio fundamental en el diseño y desarrollo de cualquier tipo de contenido, incluidas las visualizaciones de datos. En el contexto de las representaciones visuales, la accesibilidad se refiere a la capacidad de garantizar que todas las personas, independientemente de sus habilidades o discapacidades, puedan comprender y utilizar la información presentada. En el ámbito de las visualizaciones de datos, este concepto adquiere una importancia crucial. Esto es debido a que estas representaciones gráficas son una herramienta esencial para comunicar información compleja de manera efectiva. (3)

La relevancia de la accesibilidad en las visualizaciones de datos se basa en el principio de inclusión. En un mundo cada vez más digital y visual, es esencial garantizar que las personas con discapacidades visuales, cognitivas o motoras tengan igualdad de acceso a la información representada gráficamente. Las visualizaciones de datos son omnipresentes en áreas como la ciencia, la industria, la investigación y la toma de decisiones. (4) Consecuentemente, la falta de accesibilidad puede excluir a una parte significativa de la población de la comprensión de datos importantes.

Dentro de este marco, la accesibilidad aborda desafíos específicos relacionados con las barreras visuales, cognitivas y de interacción que las personas pueden enfrentar al interactuar con visualizaciones. La falta de contraste, la ausencia de descripciones alternativas y la complejidad excesiva son solo algunos de los obstáculos que pueden dificultar la comprensión de la información por parte de personas con discapacidades.

El propósito de este Trabajo de Fin de Grado es explorar la situación actual de la accesibilidad en las visualizaciones de información sanitaria en la Web, identificar las deficiencias existentes y proponer soluciones concretas. Además, se desarrollará una guía de accesibilidad específica para visualizaciones biomédicas con las propuestas y se presentará un prototipo accesible que implementa estas recomendaciones.

A través de esta investigación, no solo se busca abordar las barreras actuales en la accesibilidad web en el contexto biomédico. También se busca contribuir al desarrollo de pautas prácticas y soluciones técnicas que mejoren la experiencia de todos los usuarios, independientemente de sus capacidades. La convergencia de la ingeniería biomédica y la accesibilidad web se presenta

como un campo prometedor para garantizar que la información crucial para la salud sea accesible para todos.

En el siguiente desarrollo, exploraremos en detalle las discapacidades y sus desafíos específicos y, las visualizaciones y sus tipos. Después, veremos en detalle la accesibilidad web, sus normas y su situación actual.

Contexto de personas con discapacidad

Términos generales

La discapacidad se define como una condición del ser humano que abarca deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones de participación. Puede manifestarse a través de condiciones físicas, sensoriales, intelectuales o mentales duraderas, lo que dificulta la participación e inclusión social (5).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal. Las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas. Y, las restricciones de la participación son dificultades para relacionarse y participar en situaciones (6). La discapacidad no se limita al ámbito clínico y de la salud, sino que también está relacionada con el entorno social y demográfico en el que vive la persona.

Según la encuesta de discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia realizada por el INE en 2020, en España hay 4,38 millones de personas con discapacidad. Además, el 39,4% de las personas con discapacidad tiene dificultades con las nuevas tecnologías de la información y comunicación (7) (8).

Existen diversos tipos de discapacidad, y cada uno presenta sus propias características y desafíos. Esto conlleva trabajar en enfoques de apoyo específicos. Los tipos de discapacidad pueden dividirse en las siguientes categorías (9) (10).

- Discapacidad física: afecta la movilidad y puede ser causada por afecciones neurológicas, problemas musculares, pérdida de extremidades, entre otros.
- Discapacidad intelectual: se caracteriza por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y en la conducta. Este tipo de discapacidad se manifiesta en edades tempranas.
- Discapacidad mental: implica un deterioro en la funcionalidad y el comportamiento debido a alteraciones o deficiencias en el sistema neuronal.
- Discapacidad psicosocial: está relacionada con restricciones causadas por el entorno social y centrada en deficiencias temporales o permanentes.
- Discapacidad sensorial: abarca la discapacidad auditiva y la discapacidad visual, que afectan la percepción de sonidos externos y la función visual, respectivamente. Este tipo va a predominar la temática que se trata en el proyecto.
- Discapacidad múltiple: cuando coexisten dos o más discapacidades físicas, sensoriales, intelectuales y/o mentales.

No podemos dejar de lado las enfermedades discapacitantes. Se trata de patologías que limitan o reducen de manera significativa la capacidad de una persona para realizar actividades cotidianas. Estas enfermedades pueden ser genéticamente hereditarias o adquiridas a lo largo del tiempo. Pueden afectar diferentes partes del cuerpo u órganos, incluyendo el sistema nervioso, esquelético, muscular o sensorial. Además, pueden tener repercusiones más amplias en la interacción de la persona con su entorno. Algunos ejemplos de enfermedades

discapacitantes incluyen (11) el cáncer infantil, la enfermedad de Crohn, la esquizofrenia, la enfermedad de Parkinson, la esclerosis múltiple, la epilepsia, entre otras.

Las enfermedades neurodegenerativas (12) son un tipo de enfermedades discapacitantes que afectan el sistema nervioso y pueden provocar limitaciones significativas en las capacidades cognitivas, el movimiento, los sentidos y otras funciones del organismo. Estas enfermedades pueden ocasionar síntomas como pérdida de la memoria, falta de coordinación, trastornos visuales, dificultades en el habla, entre otros. Esto, puede conducir a limitaciones en la realización de actividades cotidianas y a la necesidad de apoyos específicos para la inclusión y la participación plena en la sociedad.

El sentido que se ve más afectado en este tipo de patologías es la vista. Las enfermedades neurodegenerativas pueden afectar la vista de diferentes maneras, dependiendo del tipo de enfermedad. Algunos ejemplos de cómo estas enfermedades pueden impactar la visión incluyen (13):

- Enfermedad de Alzheimer: puede causar problemas de percepción visual, dificultad para reconocer objetos y caras.
- Esclerosis múltiple: esta enfermedad puede provocar visión borrosa, pérdida de visión en un ojo, movimientos oculares involuntarios y dolor al mover los ojos.
- Enfermedad de Parkinson: algunos pacientes con Parkinson pueden experimentar trastornos visuales, como dificultad para enfocar la mirada, visión doble o alucinaciones visuales.

Patologías sensoriales para tratar

Vamos a hablar en detalle de las patologías que más se van a tener en cuenta a lo largo del estudio que se va a realizar en este proyecto. Como se va a abarcar el tema de la accesibilidad web relacionado con las visualizaciones, se van a dejar de lado las patologías y discapacidades que no son problemáticas para acceder a un contenido visual. Se han seleccionado las siguientes:

- Ceguera total y ceguera parcial, o visión reducida
- Daltonismo
- Epilepsia fotosensible
- Dislexia
- Visión en túnel
- Edad avanzada y personas que han perdido capacidades cognitivas

Vamos a ver de manera individual que características y barreras presenta cada grupo.

La ceguera es una condición que afecta a un gran número de personas en todo el mundo. Las dos causas principales de la pérdida de visión son los defectos de refracción no corregidos y las cataratas. Le siguen de cerca la degeneración macular asociada a la edad (DMAE), el glaucoma y la retinopatía diabética (14).

En España, se estima que aproximadamente 1.051.000 (15) personas padecen ceguera, y alrededor de 5 millones están en riesgo de padecer ceguera debido a patologías propias de la retina. Este grupo de personas no puede ver ni acceder a un ordenador sin un dispositivo de lector de pantalla o braille. Para estos casos se va a necesitar una alternativa textual adaptada para un lector o una alternativa auditiva. Esto es, no pueden ver ninguna visualización por lo que se tiene que textualizar toda la información que estemos mostrando mediante colores, formas, gráficos, imágenes, entre otros. Se tiene que pensar en aportar mediante texto toda la información que este grupo no puede ver y, si es necesario, también una interpretación teniendo en cuenta el contexto.

Las personas con ceguera parcial, o deficiencia visual (16), son aquellas que con la mejor corrección posible podrían ver o distinguir, aunque con gran dificultad, algunos objetos a una distancia muy corta. En la mejor de las condiciones, algunas de ellas pueden leer la letra impresa cuando ésta es de suficiente tamaño y claridad. Generalmente, lo harán de forma más lenta, con un considerable esfuerzo y utilizando ayudas especiales como puede ser un amplificador de pantalla en un dispositivo electrónico.

El daltonismo es una alteración de origen genético que afecta la capacidad de distinguir los colores. Se debe a una anomalía en los pigmentos de ciertas células nerviosas del ojo llamadas conos, que son responsables de percibir el color. Estas alteraciones pueden dificultar la distinción entre ciertos colores o, en casos más graves, impedir la percepción de ciertos colores en absoluto. Puede detectarse mediante pruebas visuales específicas, como las cartas de Ishihara. Aunque no tiene cura, existen gafas y lentes de contacto especiales que pueden ayudar a las personas con daltonismo a distinguir mejor los colores. Existen varios tipos de daltonismo, siendo los más comunes el daltonismo rojo-verde, el daltonismo azul-amarillo y el monocromatismo o acromatopsia.

Existen varios tipos de daltonismo (17) (18), y sus barreras de espectro de colores, que incluyen:

- Daltonismo rojo-verde:
 - Deuteranomalía: el tipo más común de daltonismo rojo-verde. Hace que ciertas tonalidades de verde se vean más rojas. Este tipo es leve y no suele interferir con las actividades normales.
 - Protanomalía: hace que ciertas tonalidades de rojo se vean más verdes y menos brillantes. Este tipo es leve y no suele interferir con las actividades normales
 - Protanopia: incapacidad para percibir el color rojo.
 - Deuteranopia: incapacidad para percibir el color verde.

- Daltonismo azul-amarillo:
 - Tritanomalía: hace que sea difícil diferenciar entre el azul y el verde, y entre el amarillo y el rojo.
 - Tritanopia: incapacidad para percibir el color azul. La persona no puede distinguir entre el azul y el verde, entre el morado (o violeta) y el rojo, y entre el amarillo y el rosado. También hace que los colores se vean menos brillantes.

- Monocromatismo o acromatopsia: ceguera al color, donde la persona solo ve en blanco, negro y grises. Esta afección es poco común y a menudo está asociada a:

- ambliopía u ojo perezoso (visión deficiente por un ojo en el cual la vista no se desarrolló normalmente durante la infancia)
- nistagmo (movimientos oculares rápidos involuntarios)
- sensibilidad a la luz y visión deficiente

La epilepsia fotosensible es un tipo de epilepsia que se desencadena por la luz intermitente. Aunque la causa exacta de esta condición no se conoce, se cree que está relacionada con la actividad eléctrica anormal en el cerebro (19). Estas personas presentan sus crisis epilépticas inducidas por la pantalla del televisor, pantalla del ordenador y videojuegos, entre otros factores. Los síntomas de la epilepsia fotosensible (20) pueden variar entre personas, pero pueden incluir convulsiones, ansiedad, pérdida de conciencia y ataques de pánico.

Estas personas van a poder ver y entender la información de las visualizaciones. Sin embargo, pueden presentar dificultades cuando se trate de visualizaciones dinámicas o con cambios de color intermitentes.

La dislexia se relaciona principalmente con dificultades en el procesamiento del lenguaje escrito, como la lectura y la escritura. Por lo general, no afecta directamente la capacidad de entender o interpretar información visual, como gráficos y visualizaciones. Pero, sí que puede afectar en la lectura de información presentada en tablas. Sin embargo, la dificultad específica puede variar según la persona y el tipo de información presentada en la tabla. Algunas personas con dislexia pueden enfrentar desafíos particulares (21) al leer tablas debido a la necesidad de procesar y comprender la información numérica y textual simultáneamente. Esto también sucede con ciertos gráficos que combinan muchas medidas con variedad de grupos o datos. La sobrecarga de datos puede afectar a la comprensión completa de la información.

La visión de túnel es un síntoma que afecta al ojo humano, y se trata de la pérdida de visión lateral, dejando únicamente la visión central. Puede ser provocado al presentarse una situación de peligro, ansiedad o intenso estrés, así como la presión física y mental (22). La vista se nubla hasta dejar un punto de visión escaso en la zona central. Los síntomas asociados pueden incluir visión borrosa, opaca o doble. Puede estar asociada con enfermedades (23) como el glaucoma, la migraña, la retinitis pigmentaria, el desprendimiento de la retina y la enfermedad de la arteria carótida.

La visión de túnel puede afectar el uso del ordenador, ya que este puede dificultar la capacidad de percibir elementos en la periferia de la pantalla. Esto, a su vez, puede afectar la capacidad para procesar información visual de manera integral. Este grupo de personas va a poder ver y reconocer las visualizaciones e información a la que estén accediendo. Sin embargo, van a presentar problemas si no se cumplen requerimientos de tamaño, contrastes, adaptación del contenido en el espacio visual.

Para terminar, vamos a comentar las barreras que puede presentar las personas de avanzada edad, personas analfabetas y personas que han perdido sus capacidades cognitivas. Las más comunes son la memoria, la atención, el lenguaje y el juicio.

Como se ha visto en el apartado anterior, existen diversas patologías que pueden hacer que se pierdan las capacidades cognitivas. A estas patologías se suma la vejez que presentamos a lo

largo de la vida. Las personas que experimentan deterioro cognitivo pueden enfrentar desafíos para comprender y seguir instrucciones en una pantalla, mantener la concentración durante períodos prolongados, y procesar la información visual y escrita. Estas personas necesitan realizar adaptaciones en el entorno informático para poder hacer uso de manera autónoma. Interfaces simples, con buen contraste de colores, evitar colores que cansen la vista, buen tamaño en contenido textual, alternativas auditivas son ciertas de las necesidades que pueden presentar.

Introducción a las visualizaciones

La visualización de datos se refiere a la presentación de información a partir de datos en un formato visual, como gráficos, mapas o elementos visuales. Esta técnica permite trasladar datos complejos, de alto volumen o numéricos a representaciones visuales más fáciles de procesar. Así, se facilita el análisis, el estudio de tendencias, valores atípicos y patrones en los datos. La visualización de datos es una herramienta fundamental en el análisis de *big data* (24) y en la presentación de informes y *dashboards*. Esto es debido a que aporta claridad, integridad y precisión a los informes de datos, y facilita la toma de decisiones. Además, la visualización de datos puede ser estática o interactiva añadiendo, por ejemplo, filtros temporales.

En la actualidad, se utiliza en una amplia gama de campos, desde el análisis de negocios hasta la investigación científica. Cualquier negocio o información que provenga de un conjunto de datos y tenga como usuario final un ser humano utiliza técnicas de visualización.

De forma general, podemos establecer que hay un consenso entre analistas de datos en relación con la preparación previa a crear visualizaciones. En primer lugar, se tiene que definir una meta de visualización de datos, es preciso identificar qué preguntas puede responder potencialmente el conjunto de datos existente. Después, se tienen que recopilar los datos de todos los orígenes que se vayan a utilizar. A continuación, es necesario limpiar los datos, eliminando redundancias, y filtrando los datos que se vayan a utilizar. Una vez se tienen los datos, se procede a elegir los tipos de visualización para mostrarlos. En estas elecciones hay que tener en cuenta si se tienen que diseñar visualizaciones estáticas o interactivas. Una visualización estática únicamente aporta una sola visión de una historia de datos específica, sin posibilidad de ver más allá. Por el contrario, la visualización interactiva permite a los usuarios interactuar con los gráficos y diagramas, mediante filtros comúnmente. En último lugar, se crean las visualizaciones respetando que se están cumpliendo los objetivos y metas que se han planteado inicialmente (25). Esta es la fase más creativa. Es primordial cuidar la estética y coherencia utilizando correctamente colores, márgenes, formas, señales visuales, el énfasis de la temática y relación entre las diferentes visualizaciones.

Existen varias herramientas que nos ayudan a plasmar todas las visualizaciones creando informes y *dashboards*. Entre las más conocidas se encuentran: Microsoft Power BI, Looker, Tableau, Qlik Sense, Microsoft Excel y Microstrategy.

Entre los tipos más comunes de visualizaciones de datos, tenemos:

- Los gráficos son muy buenos cuando se quiere resumir y comparar datos de manera numérica o cuantitativa. El gráfico de columnas es útil para comparar valores entre diferentes categorías. Un gráfico de barras es adecuado para comparar cantidades numéricas en diferentes grupos. Un gráfico de doble eje permite representar dos conjuntos de datos con diferentes unidades en el mismo gráfico. Una gráfica de pastel es ideal para mostrar la proporción de partes con respecto al dato en computo.
- Tablas. Las tablas son útiles para representar datos cuando se necesita organizar, clasificar y resumir información cuantitativa o cualitativa recolectada, con el fin de informarse sobre un tema específico. También son útiles para hacer visibles los datos,

mostrar posibles cambios en el tiempo y en el espacio, mostrar relaciones que pueden existir en los datos, y sistematizar y sintetizar la información.

- Mapas. Los mapas son útiles para representar datos cuando se necesita visualizar patrones geográficos (26), relaciones espaciales o distribuciones territoriales de la información.
- Infografías. Las infografías son útiles para representar datos cuando se necesita transmitir información compleja de manera visualmente atractiva y fácil de entender. Se utilizan para presentar datos y estadísticas de forma clara y concisa, así como para acompañar la información con elementos visuales que refuercen el mensaje (27). También son útiles para explicar temas complejos, difundir información importante y visualizar jerarquías, mapas, líneas de tiempo y comparaciones de datos.
- *Dashboards*. Los *dashboards* son útiles para representar datos cuando se necesita monitorizar, analizar y mostrar de manera visual los indicadores clave de rendimiento o *KPI* (de sus siglas, en inglés: Key Performance Indicators), métricas y datos fundamentales. Son muy útiles para hacer un seguimiento del estado de una empresa, un departamento o un proceso específico. Estas herramientas permiten a las empresas tomar decisiones importantes en base a datos en lugar de a intuiciones o especulaciones. Los *dashboards* (28) permiten obtener respuestas o simulaciones en apenas unos segundos. Son herramientas vivas y más potentes, frente a los tradicionales informes que quedan obsoletos casi en el momento en el que se generan.

Estado del arte

Introducción a la accesibilidad

La accesibilidad web se refiere a la práctica de garantizar que las personas con discapacidades puedan percibir, entender, navegar e interactuar con la Web, así como contribuir a ella (29). Es importante porque facilita la vida de las personas al permitirles consultar información relevante y usar aplicaciones. Además, proporciona un acceso equitativo e igualdad de oportunidades a las personas con discapacidad, permitiéndoles participar más activamente en la sociedad. La accesibilidad web es fundamental para que todos los usuarios puedan aprender, navegar y tener una interacción plena con la Web, independientemente de sus capacidades.

Las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web, o WCAG por sus siglas en inglés, “Web Content Accessibility Guidelines” son un estándar internacional desarrollado por el Consorcio de la World Wide Web (W3C). Pretenden hacer el contenido web más accesible para personas con discapacidades. Estas pautas, que incluyen WCAG 2.0¹ (30), WCAG 2.1² (31) y WCAG 2.2³ (32) explican cómo hacer que la información en una página o aplicación web sea accesible, abordando aspectos como texto, imágenes, contenido de audio y código.

Estas pautas o directrices y criterios de éxito se organizan en torno a cuatro principios fundamentales (33) que sientan las bases necesarias para que cualquiera pueda acceder y utilizar el contenido web. Cualquier persona que quiera utilizar la Web debe tener contenidos que sean:

- **Perceptible:** el contenido debe ser presentado de manera que pueda ser percibido por todos los usuarios, incluyendo aquellos con discapacidades visuales o auditivas.
- **Operable:** los componentes de la interfaz y la navegación deben ser operables por todos los usuarios, incluyendo aquellos que utilizan tecnologías de asistencia como lectores de pantalla.
- **Comprensible:** el contenido debe ser comprensible para todos los usuarios, incluyendo aquellos con dificultades cognitivas o de aprendizaje.
- **Robusto:** el contenido debe ser robusto y compatible con una amplia variedad de tecnologías, incluyendo tecnologías de asistencia.

Estas recomendaciones se dividen en tres niveles de conformidad: A, AA y AAA, con el nivel A siendo el mínimo requerido y el nivel AAA el más alto (33). Las WCAG son fundamentales para

¹ Las recomendaciones WCAG 2.0 están disponibles desde el 11 de diciembre de 2008.

² Las recomendaciones WCAG 2.1 están disponibles desde el 5 de junio de 2018.

³ Las recomendaciones WCAG 2.2 están disponibles desde el 5 de octubre de 2023, actualmente vigentes.

garantizar que el contenido web sea accesible para todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas, mentales o motoras.

Actualmente, se está trabajando en la versión WCAG 3.0⁴ (34). Pretenden ser unas directrices más fáciles de entender, más completas y enfocadas a las necesidades de personas con discapacidades cognitivas. Sigue la misma línea en lo que respecta los criterios fundamentales de accesibilidad.

Problemas de accesibilidad en visualizaciones

Las personas con discapacidades pueden enfrentar diversos desafíos al interactuar con visualizaciones de datos. Las visualizaciones dependen en gran medida de la representación visual para transmitir información.

Las visualizaciones de datos que pueden ser más difíciles de entender para las personas con discapacidades visuales incluyen: gráficos visuales complejos, mapas interactivos que no son compatibles con lectores de pantalla, y visualizaciones que dependen en gran medida del color para transmitir información. Estas visualizaciones pueden presentar barreras significativas para las personas con discapacidades visuales. Por ello, se resalta la importancia de diseñar visualizaciones de datos de manera que sean accesibles para todos.

Vamos a analizar algunos desafíos específicos:

- Acceso visual limitado:

Las personas con discapacidades visuales pueden tener dificultades para interpretar gráficos, mapas y otros elementos visuales, lo que limita su acceso a información presentada exclusivamente de manera visual.

- Problemas de contraste y color:

La falta de contraste o el uso inapropiado de colores puede dificultar la interpretación de la información para personas con discapacidades visuales o dificultades de visión.

- Navegación y teclado:

Las personas con discapacidades motoras pueden encontrar desafíos para navegar y explorar visualizaciones mediante el uso del teclado en lugar del ratón. Esto afecta la interactividad y la capacidad de explorar datos de manera eficiente. También presentan problemas las personas con discapacidades visuales, ya que navegan a través del teclado. Si

⁴ Se ha publicado un borrador de la versión WCAG 3.0 en julio de 2023.

el marcado no se usa adecuadamente en las webs, estas personas podrán navegar con mucha dificultad en el mejor de los casos, o no podrán en absoluto.

- Dificultades cognitivas:

Personas con discapacidades cognitivas pueden experimentar dificultades para comprender gráficos complejos o interpretar la relación entre diferentes elementos en una visualización.

No hace falta tener una discapacidad cognitiva para que las visualizaciones sean difícilmente accesibles. La falta de leyendas, descripción de los ejes de un gráfico, de títulos o de unidades de medida de lo que se representa es suficiente para que cualquier usuario se sienta desubicado. Además de ser una mala práctica, es una falta de compromiso con el público a quien se dirige, por parte de un desarrollador de visualizaciones.

- Falta de descripciones alternativas:

La ausencia de descripciones o texto alternativos en las visualizaciones puede ser un obstáculo para personas que utilizan lectores de pantalla. Éstas, dependen de información textual para comprender la representación visual. Las descripciones son necesarias en cualquier objeto visual como imágenes, fotografías, gráficos, diagramas, etc.

- Interactividad no accesible:

Visualizaciones altamente interactivas pueden presentar desafíos para personas con discapacidades motoras o visuales si la interactividad no se implementa de manera accesible. La interactividad con el usuario se puede lograr mediante filtros temporales, de dimensiones o mapas sensibles.

- Compatibilidad con tecnologías de asistencia:

Algunas visualizaciones pueden no ser totalmente compatibles con tecnologías de asistencia como lectores de pantalla o braille. Esto dificulta que las personas con discapacidades accedan y comprendan la información. El marcado de los elementos de la Web va a hacer que esto sea posible.

- Falta de usabilidad en la visualización:

La usabilidad web se refiere a la facilidad de uso que tiene una página o aplicación web, permitiendo a los usuarios interactuar con el sitio y lograr sus objetivos de forma sencilla, intuitiva, agradable y segura.

La incapacidad de personalizar o ajustar la presentación de la visualización puede ser un desafío para personas con diversas discapacidades que pueden beneficiarse de enfoques de presentación específicos. Concretamente si las visualizaciones no se pueden ampliar o ajustar a la interfaz del usuario.

- Exclusión social:

La falta de accesibilidad en las visualizaciones puede contribuir a la exclusión social al limitar el acceso a información crucial y a participar plenamente en discusiones basadas en datos.

A continuación, se exponen unos ejemplos de visualizaciones poco accesibles, diseñados en el software de Tableau⁵.

Ejemplo 1:

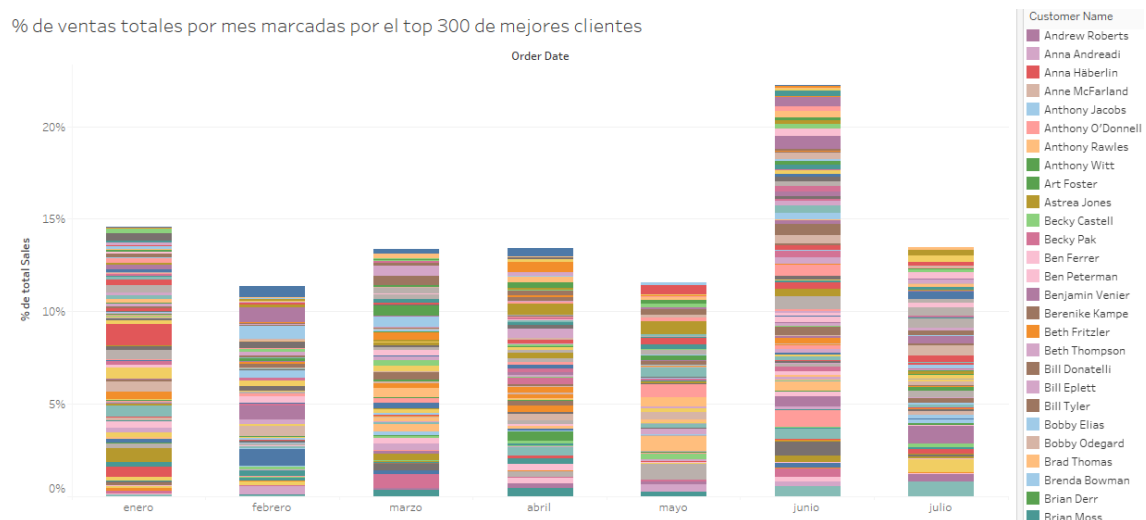


Figura 1: Ejemplo 1 de gráfico de barras poco accesible

Tenemos en la Figura 1 un gráfico de barras que proporciona una vista demasiado detallada. Hasta el punto de no poder distinguir entre marcas. Una marca es una agrupación de datos por cada dimensión y se representan con colores diferentes para poder distinguirlas. En este gráfico hay más de 2000 marcas y no incluye suficiente texto para indicar lo que representan las distintas marcas. Este nivel de detalle no permite un correcto análisis. Además, es complicado de utilizar para los usuarios que emplean lectores de pantalla.

Ejemplo 2:

⁵ Estos ejemplos de elaboración propia utilizan datos públicos que ofrece Tableau para practicar con la herramienta.

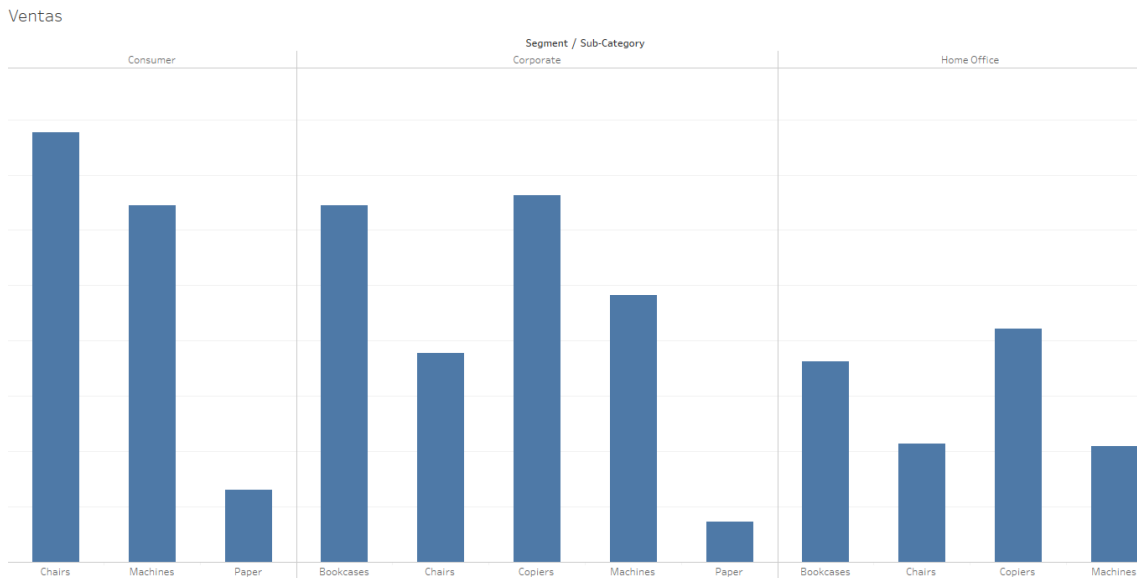


Figura 2: Ejemplo 2 de gráfico de barras poco accesible

Tenemos en la Figura 2 un gráfico de columnas de nuevo y esta vez, el problema es la falta de contenido textual. Un título de una sola palabra no es lo suficientemente descriptivo. En esta ocasión, las marcas se han reducido considerablemente ya que no se ven colores aplicados en las columnas. Pero si no hay ningún texto adicional, el contexto de estas marcas puede resultar difícil de comprender. No hay ningún contexto, subtítulo o texto explicativo que describan esta vista.

Ejemplo 3:

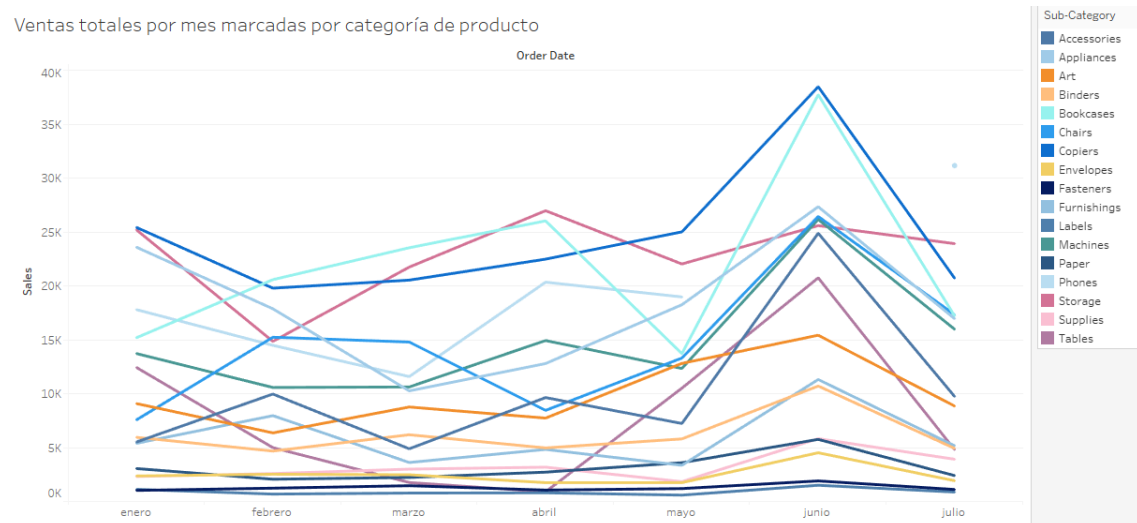


Figura 3: Ejemplo 3 de gráfico de líneas poco accesible

Esta vez tenemos en la Figura 3 un gráfico de líneas. Esta visualización utiliza únicamente el color para distinguir las líneas. Las marcas de la vista no utilizan una paleta de colores totalmente accesible para los usuarios que tienen alguna discapacidad visual, o simplemente, usuarios a los que les cueste distinguir las diferentes tonalidades de un color. Estas visualizaciones pueden llevar color, pero también necesitan alguna característica extra como formas en los picos o textos.

Abordar estos desafíos implica adoptar un enfoque inclusivo en el diseño de visualizaciones, considerando las diversas necesidades y capacidades de los usuarios. La implementación de prácticas de diseño accesible y el uso de tecnologías compatibles con asistencia pueden mejorar significativamente la accesibilidad de las visualizaciones de datos.

Estándares, directrices de diseño y legislación para crear visualizaciones accesibles

Ámbito internacional

A nivel internacional, la legislación sobre accesibilidad web se ha abordado principalmente a través de esfuerzos y normativas promovidos por organismos y acuerdos internacionales. A continuación, se presentan algunas de las iniciativas más relevantes:

- Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD):

Adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2006 y vigente desde 2008, la CDPD es un tratado internacional que establece los derechos humanos de las personas con discapacidad. Tiene como objetivo promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales por todas las personas con discapacidad.

- WCAG del W3C:

Aunque no es una legislación vinculante, las WCAG son pautas técnicas desarrolladas por el W3C y ampliamente reconocidas a nivel internacional. Estas pautas (WCAG 2.0 y su versión más reciente, WCAG 2.2) proporcionan criterios detallados para hacer que el contenido web sea más accesible. Muchos países y organizaciones las han adoptado como estándar de referencia.

- Resolución A/RES/70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas - Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (35):

La Agenda 2030, adoptada en 2015, es un plan de acción global de las Naciones Unidas que incluye el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS). En concreto, el Objetivo 10 “Reducir la desigualdad en los países y entre ellos” que busca reducir las desigualdades. La accesibilidad web se relaciona con la promoción de sociedades inclusivas.

- Sección 508 de la Ley de Rehabilitación de los Estados Unidos (36):

En 2008, se actualizó la Sección 508 de la Ley de Rehabilitación en los Estados Unidos. Lo que resultó en la imposición de requisitos específicos para garantizar la accesibilidad de las tecnologías de la información, incluyendo los sitios web gubernamentales. Estos requisitos están destinados a asegurar que las personas con discapacidades tengan un acceso equitativo a la información y los servicios proporcionados en línea por agencias gubernamentales. La actualización refleja el compromiso de mejorar la accesibilidad digital y fomentar la inclusión en el ámbito gubernamental.

- ISO/IEC 40500 Information technology [W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0] (37):

Esta normalización se publica en octubre de 2012 y abarca las recomendaciones de accesibilidad web de las pautas WCAG 2.0. se pretende armonizar la legislación en materia de accesibilidad web entre diferentes países.

- Campaña de accesibilidad del COVID 19 (38) (39):

La campaña "Accessibility Campaign - COVID19" es una iniciativa liderada por la International Disability Alliance (IDA) y el International Disability and Development Consortium (IDDC). El objetivo es garantizar que la información y la comunicación sobre la COVID-19 sean plenamente accesibles para las personas con discapacidades. La campaña busca que los informes diarios de las Naciones Unidas y cualquier documento de apoyo sobre la COVID-19 sean completamente accesibles para las personas con discapacidades. Se propone para ello, utilizar diseños universales y formatos adicionales, como lenguaje de signos, lectura fácil, lenguaje sencillo, medios con subtítulos, braille, comunicación aumentativa y alternativa, entre otros. Además, insta a los gobiernos nacionales y locales a seguir el asesoramiento establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la COVID-19 y a trabajar con organizaciones representativas de personas con discapacidades. La campaña también aboga por una respuesta inclusiva a la discapacidad y proporciona recomendaciones clave en el contexto de la pandemia de la COVID-19. La campaña es una respuesta a la falta de accesibilidad de la información crucial sobre la COVID-19 para las personas con discapacidades, y busca abordar esta brecha para garantizar que todos tengan acceso a información vital durante la pandemia.

Algunos aspectos destacados de la campaña incluyen:

- Promoción de la inclusión:
La campaña se centró en garantizar que las medidas tomadas en respuesta a la pandemia fueran inclusivas y tuvieran en cuenta las necesidades y derechos de las personas con discapacidad. Esto incluyó el acceso a información relevante, servicios de salud adecuados y medidas de protección social.
- Sensibilización y educación:
Se llevaron a cabo actividades de sensibilización y educación para destacar las dificultades adicionales que enfrentan las personas con discapacidad durante la pandemia. Esto ayudó a crear conciencia sobre la importancia de adoptar un enfoque inclusivo en todas las acciones relacionadas con la respuesta al COVID-19.

- Abogacía y defensa de derechos:
La campaña también incluyó actividades de abogacía y defensa de derechos para garantizar que las voces de las personas con discapacidad fueran escuchadas y tenidas en cuenta en la formulación de políticas y decisiones relacionadas con la pandemia.
- Colaboración internacional:
La campaña fue una iniciativa conjunta entre el International Disability Alliance y el International Disability and Development Consortium, lo que refleja la importancia de la colaboración internacional en la promoción de la inclusión y los derechos de las personas con discapacidad.

Es fundamental destacar que, a nivel internacional, aún no existe un tratado vinculante específico que establezca estándares legales de accesibilidad web. En su lugar, se confía en la adopción de directrices y estándares técnicos por parte de los países y las organizaciones para promover la accesibilidad en línea.

Ámbito europeo

En el ámbito europeo, la legislación sobre accesibilidad web se basa en diversos instrumentos legales y normativas. Se busca garantizar la igualdad de acceso a la información y servicios en línea para todas las personas, independientemente de sus habilidades o discapacidades. Aquí se presentan algunas de las normativas más destacadas:

- Directiva (UE) 2016/2102 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de octubre de 2016, sobre la accesibilidad de los sitios web y aplicaciones móviles de los organismos del sector público: (40)

Esta directiva establece requisitos de accesibilidad para los sitios web y aplicaciones móviles de los organismos del sector público en los Estados miembros de la Unión Europea. Estipula que estos sitios web y aplicaciones deben ser accesibles a todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. La Directiva sobre accesibilidad web exige a los Estados miembros que supervisen periódicamente la conformidad de los sitios web y las aplicaciones móviles de los organismos del sector público con los requisitos de accesibilidad. Desde 2021, y posteriormente cada tres años, los Estados miembros publican y presentan a la Comisión un informe sobre los resultados del seguimiento y el uso de la ejecución. (41)

- EN 301 549 V3.2.1 (2021-03) Requisitos de accesibilidad para productos y servicios TIC en Europa:

Esta es una norma técnica europea que define los requisitos de accesibilidad para productos y servicios de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en Europa. Se basa en las WCAG del W3C. Se trata de la norma más importante y vigente a nivel europeo, por lo que se destacan algunos aspectos importantes de la norma EN 301549 con respecto a la accesibilidad web: (42)

- Conformidad con WCAG: La norma EN 301549 hace referencia y se alinea con las WCAG, que son un conjunto de pautas internacionalmente reconocidas para

hacer que el contenido web sea accesible para personas con discapacidades. Esto implica que el cumplimiento con WCAG es un componente clave para cumplir con la norma EN 301549 en el contexto de la web.

- Niveles de conformidad: Las WCAG están organizadas en tres niveles de conformidad: A, AA y AAA, siendo AA el nivel recomendado. La EN 301549 puede especificar un nivel específico de conformidad que los productos y servicios web deben alcanzar para cumplir con sus requisitos de accesibilidad.
- Requisitos específicos para la Web: La norma aborda aspectos específicos relacionados con la accesibilidad web, como la percepción y presentación de información, la operabilidad de las interfaces, la comprensión de la información y la robustez de los contenidos en diferentes tecnologías.
- Compatibilidad con productos de apoyo: La norma puede requerir que los productos y servicios web sean compatibles con productos de apoyo, como lectores de pantalla, teclados especializados y otros dispositivos diseñados para ayudar a personas con discapacidades.
- Documentación y declaración de accesibilidad: Puede incluir requisitos relacionados con la documentación y la declaración de conformidad con los estándares de accesibilidad. Esto implica que los desarrolladores y proveedores de servicios web deben proporcionar información clara sobre el grado de accesibilidad de sus productos.
- Pruebas de accesibilidad: La norma puede especificar métodos y criterios para llevar a cabo pruebas de accesibilidad en productos y servicios web, lo que permite verificar su conformidad con los requisitos establecidos.

- Estrategia Europea sobre Discapacidad 2021-2030:

La Comisión Europea lanzó la Estrategia Europea sobre Discapacidad para el período 2021-2030, que incluye medidas para mejorar la inclusión y la accesibilidad. Aunque no es una normativa específica sobre accesibilidad web, establece un marco general para la acción en el ámbito de la discapacidad.

- Reglamento (UE) 2017/1953 de la Comisión, de 13 de octubre de 2017, por el que se establecen normas de accesibilidad y se adoptan los métodos de evaluación y ensayo aplicables a la Directiva 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de equipos de radio y equipos terminales de telecomunicaciones y el reconocimiento mutuo de su conformidad: (43)

Este reglamento establece normas de accesibilidad para equipos de radio y equipos terminales de telecomunicaciones en el contexto de la armonización de legislaciones en la Unión Europea.

Estas normativas y directivas se centran en diferentes aspectos de la accesibilidad, desde sitios web y aplicaciones móviles del sector público hasta productos y servicios de TIC en general. La

implementación y cumplimiento de estas normativas son responsabilidad de los Estados miembros de la Unión Europea.

Ámbito nacional

En España, la legislación sobre accesibilidad web se ha desarrollado para garantizar que los sitios web y las aplicaciones sean accesibles para todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. Además, algunas comunidades autónomas en España pueden tener regulaciones específicas relacionadas con la accesibilidad web. A continuación, se proporciona una descripción general de las leyes y regulaciones más relevantes en este ámbito:

- Real Decreto 366/2007, de 16 de marzo, por el que se establecen las condiciones de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad en sus relaciones con la Administración General del Estado (44):

Este Real Decreto establece las condiciones de accesibilidad y no discriminación que deben cumplir los medios electrónicos que utilizan las personas con discapacidad en sus relaciones con la Administración General del Estado. Se enfoca en garantizar la accesibilidad de los servicios electrónicos proporcionados por la administración pública. En concreto, el Artículo 13 habla de la accesibilidad del contenido y estructura de documentos e impresos. Especifica que se utilice un alto contraste, que se use un lenguaje simple, sin abreviaturas, y que se cuente con versiones simplificadas para personas con discapacidades intelectuales o problemas de comprensión escrita.

- Ley 27/2007, de 23 de octubre, por la que se reconocen las lenguas de signos españolas y se regulan los medios de apoyo a la comunicación oral de las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas (45):

Esta ley aborda la accesibilidad web para la inclusión de personas con discapacidad auditiva. Reconoce las lenguas de signos españolas y regula los medios de apoyo a la comunicación oral. El artículo 14 exige que las páginas y portales de Internet de titularidad pública o financiados con fondos públicos se adaptarán a los estándares establecidos en cada momento por las autoridades competentes. La ley persigue lograr su accesibilidad a las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas.

- Norma UNE 139803:2012, sobre accesibilidad en servicios de la sociedad de la información y medios de comunicación social:

Aunque no es una ley, esta norma establece los requisitos y recomendaciones para la accesibilidad en servicios de la sociedad de la información y medios de comunicación social. Proporciona pautas técnicas para asegurar la accesibilidad de los contenidos y servicios web. (46)la versión inicial fecha de 2004 y sigue los criterios de WCAG 1.0.

En resumen, si nos encontramos en una Web española en 2024, se va a tener que regir por la última versión de la norma europea EN 301 549 V3.2.1 (2021-03) publicada en el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). En concreto, desde el 12 de febrero de 2022, es el estándar que aplica en las Administraciones Públicas españolas.

Se puede ver en la Figura 4 un resumen de las diferentes normativas de accesibilidad a lo largo de los años del Portal Administración Electrónica:

	INTERNACIONAL ISO/IEC	W3C	EUROPA ETSI - CEN - CENELEC	ESPAÑA AENOR
1999				
2004		WCAG 1.0		
2007				UNE 139803:2004 (en línea con WCAG 1.0, si bien la UNE es algo más exigente) (Nivel de Prioridad 1, 2 y 3)
2008				Real Decreto 1494/2007 (especifica que las páginas de internet de las AAPP tienen que cumplir, desde 31 diciembre 2018, como mínimo la prioridad 1 y 2 de UNE 139803:2004, que son equivalentes al nivel A y AA de WCAG 1.0)
2012	ISO/IEC 40500:2012 Estándar internacional que recoge exactamente las WCAG 2.0, así las legislaciones nacionales pueden hacer referencia a este estándar favoreciendo la armonización internacional.	WCAG 2.0 Es una recomendación, no es un estándar (Nivel A, AA y AAA)		UNE 139803:2012 (está en línea con WCAG 2.0) (Requisitos de accesibilidad de Nivel A, AA y AAA, que se corresponden con los Criterios de conformidad de nivel A, AA, AAA de WCAG 2.0) Requisitos de Accesibilidad para contenidos en la web Resolución de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa (BOE nº 237 de 2/10/2012) se especifica que la norma UNE 139803:2012 sustituye a la norma UNE 139803:2004
2015			EN 301549 v1.1.2:2015 (recoge los criterios A y AA de WCAG 2.0) Accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in Europe	UNE-EN 301549 V1.1.2:2015 Recoge los criterios A y AA de WCAG 2.0, no hace distinción de prioridades o niveles, por tanto se cumple o no se cumple con la norma Requisitos de accesibilidad de productos y servicios TIC aplicables a la Contratación Pública en Europa
2016			Directiva 2016/2102 sobre Accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles de los organismos del sector público	
2018		WCAG 2.1 (junio 2018) Es una recomendación, no es un estándar (Nivel A, AA y AAA)	EN 301549 V2.1.2:2018 (recoge los criterios A y AA de WCAG 2.1) Accessibility requirements for ICT products and services Declarado estándar armonizado por la Comisión Europea y publicado en el DOUE el 21-12-2018, para cumplir con la Directiva de Accesibilidad	Real Decreto 1112/2018 (cumplir con el estándar armonizado de la Directiva de Accesibilidad: EN 301549 v2.1.2:2018)

Figura 4: Tabla Resumen Normativa de Accesibilidad. Fuente: (47)

La evolución de la legislación, normativas y estándares de accesibilidad web refleja la creciente conciencia de la importancia de hacer que la Web sea accesible para todos. Desde las primeras pautas hasta las versiones más recientes de las WCAG, se ha avanzado significativamente para crear un entorno digital más inclusivo. Sin embargo, aún persisten desafíos, y la necesidad de actualizaciones continuas y la aplicación efectiva de estas normativas siguen siendo imperativos para garantizar un acceso equitativo y sin barreras a la información en línea.

Herramientas y tecnologías inclusivas

Existen numerosas herramientas para crear visualizaciones de datos, cada una con sus propias características y capacidades. Varias herramientas de visualización de datos incluyen opciones de accesibilidad para garantizar que sus visualizaciones sean accesibles para personas con discapacidades.

Vamos a ver un ejemplo de software de visualización y qué características de accesibilidad ofrece: Microsoft Power BI.

Power BI o PBI proporciona características de accesibilidad como compatibilidad con lectores de pantalla, etiquetado de gráficos, compatibilidad con teclados, ajuste de contraste y tamaño de texto, navegación de teclado, y opciones de localización para varios idiomas.

La accesibilidad en PBI es un tema importante que se aborda a través de diversas iniciativas y recursos. PBI proporciona herramientas para crear y utilizar informes accesibles, lo que incluye el cumplimiento de estándares de accesibilidad como WCAG 2.1 y EN 301 549. Estas herramientas permiten a los usuarios crear informes que sean comprensibles para aquellos que utilizan lectores de pantalla o navegación mediante el teclado. Además, promueve la importancia de la accesibilidad en el desarrollo de informes en PBI, y se ofrecen consejos y pautas para garantizar que los informes sean accesibles para todos los usuarios. La accesibilidad en PBI es fundamental para garantizar que la plataforma sea inclusiva y que los informes puedan ser utilizados por personas con diferentes capacidades.

A continuación, se presenta una visión general de la accesibilidad enfocada a los desarrolladores en Power BI:

- Compatibilidad y navegación mediante el teclado. Las visualizaciones de PBI pueden ser navegadas y operadas completamente utilizando solo el teclado. El usuario que consume el informe puede recorrer los puntos de datos de los objetos visuales, cambiar entre pestañas de página y acceder a funciones interactivas como el resaltado cruzado, el filtrado y la segmentación (48). Esto facilita la interacción para personas con discapacidad motora que no pueden usar un ratón y personas que navegan con un lector de pantalla a través del teclado.
- Compatibilidad con lectores de pantalla. PBI es compatible con lectores de pantalla, lo que permite a personas ciegas o con discapacidad visual acceder al contenido de las visualizaciones utilizando software de lectura de pantalla como Narrador en Windows. Cuando los usuarios se desplazan por los objetos visuales, el lector de pantalla lee el título, el tipo de objeto visual y cualquier texto alternativo que se haya establecido (49). Para un funcionamiento óptimo, se tiene que marcar la opción específica de accesibilidad que se muestra en la Figura 5, en la configuración de informes. Por defecto, viene desmarcada y exige reiniciar la aplicación cuando se active.

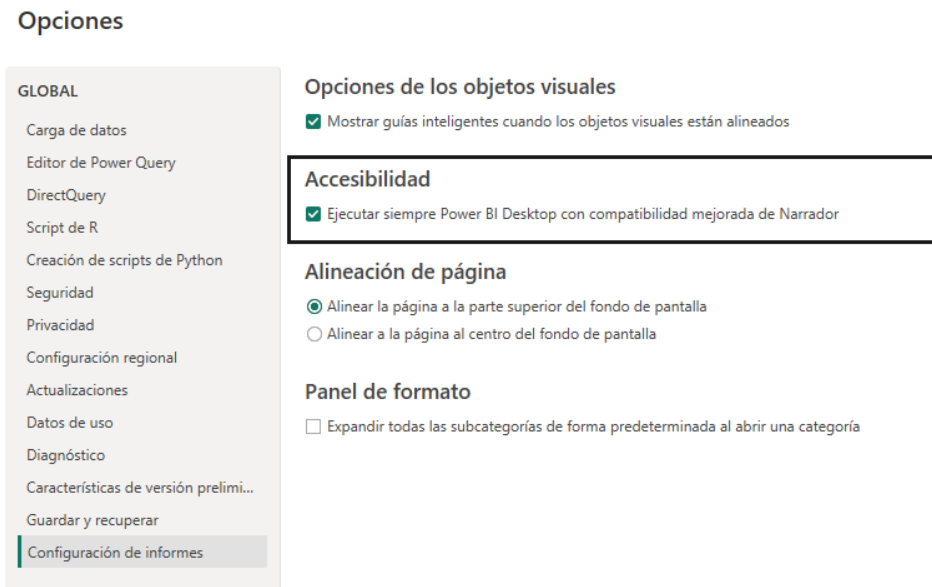


Figura 5: Captura de pantalla de las opciones de la herramienta PBI

- Ajustes de contraste y tamaño de texto. Power BI ofrece la capacidad de ajustar el contraste y el tamaño del texto en las visualizaciones para mejorar la legibilidad y la visibilidad, beneficiando a personas con discapacidad visual o dificultades para ver detalles finos. Se ofrecen diferentes temas para que el usuario pueda elegir el más adecuado para desarrollar informes. Además, el usuario puede expandir las visualizaciones eligiendo verlas en un modo de enfoque (50). Esta opción hace que se vean con más tamaño sin perder la claridad ni las interacciones.
- Vista de los datos en una tabla. PBI tiene la característica de poder ver los datos, representados en una visualización, en formato de tabla. Las tablas son más fáciles de usar para los lectores de pantalla (51).

Todas las características previas vienen por defecto en el software si el usuario las necesita. Por otro lado, vamos a tener características de accesibilidad enfocadas a los usuarios consumidores de visualizaciones en PBI (52). Estas, tienen que ser configuradas por el desarrollador:

- Texto alternativo. El texto alternativo (Alt text) es crucial para describir el contenido de las imágenes y gráficos a usuarios que utilizan lectores de pantalla. En PBI, los creadores de informes pueden agregar texto alternativo a cada elemento visual, proporcionando una descripción concisa pero informativa de lo que representa la visualización. La configuración del texto alternativo se realiza seleccionando el elemento visual, yendo a la pestaña de "Formato" y completando el campo de "Alt Text". Lo importante es que PBI trabaja con datos dinámicos, y es posible crear medidas para dar formato condicional y tener un texto alternativo dinámico.
- Orden de tabulación. En PBI, se puede configurar el orden de tabulación para que los usuarios puedan navegar de manera lógica y eficiente a través de los elementos

- interactivos de un informe. Es recomendable evitar las formas e imágenes decorativas en el informe (53). Si se quieren mantener, se deben quitar del orden de tabulación.
- Títulos y etiquetas. Proporcionar títulos descriptivos y etiquetas claras es fundamental para que los usuarios comprendan el contenido de un informe. Los creadores de informes pueden agregar títulos a páginas, visualizaciones y elementos gráficos, así como etiquetas a ejes y leyendas. Configurar títulos y etiquetas descriptivas ayuda a los usuarios a comprender el contexto de los datos presentados.
 - Marcadores y formas. Como buena práctica, es recomendable evitar el uso de colores como única forma de transmitir información. En su lugar, se pueden habilitar marcadores con diferentes formas para transmitir series diferentes. Esto es muy útil para visualizaciones con gráficos de líneas o de áreas (54).
 - Temas de informes. Los temas de informes permiten a los creadores de informes personalizar la apariencia visual de un informe, incluidos colores, fuentes y estilos. El criterio de éxito 1.4.3 de WCAG 2.1 determina que el color del texto y del fondo debe tener una relación de contraste de al menos 4.5:1 (55). En PBI, se pueden configurar temas de informes que cumplan con los estándares de contraste y legibilidad, mejorando así la accesibilidad para usuarios con discapacidad visual.

Estas son algunas de las características de accesibilidad disponibles en Power BI para garantizar que sus visualizaciones sean accesibles para personas con discapacidades.

Aplicación para mejora de la autonomía

Amazon Web Services (AWS) lanzó a finales del 2016 su servicio en la nube Amazon Polly⁶ (56), destinado a la conversión del texto en voz destacando por su naturalidad y expresividad. A raíz de Polly, nace el proyecto Pollexy.

Pollexy es una aplicación desarrollada por AWS que se centra en proporcionar apoyo a personas con discapacidades cognitivas. En concreto, para personas que enfrentan desafíos en el espectro del autismo o con trastornos del desarrollo. La aplicación está diseñada para ayudar a estos individuos a mejorar su autonomía y habilidades de comunicación al proporcionarles una interfaz fácil de usar y herramientas de apoyo específicas (57). Aquí hay algunas características clave de Pollexy:

- Sistema de pictogramas y rutinas visuales. Pollexy utiliza pictogramas y rutinas visuales para ayudar a los usuarios a comprender y seguir una secuencia de tareas o actividades diarias. Estas imágenes visuales pueden ayudar a las personas con autismo o trastornos del desarrollo a entender mejor las expectativas y estructurar su día de manera más efectiva.
- Programación de tareas y recordatorios. Los usuarios pueden crear listas personalizadas de tareas o actividades (58). Pollexy permite programar estas listas para que se

⁶ Amazon Polly está disponible en la web de AWS, en la sección de aprendizaje automático. <https://aws.amazon.com/es/polly/>

presenten en momentos específicos del día, lo que ayuda a los usuarios a recordar y completar sus tareas de manera oportuna.

La aplicación proporciona recordatorios auditivos y visuales para ayudar a los usuarios a recordar eventos importantes, como citas médicas o actividades planificadas. Estos recordatorios pueden ser especialmente útiles para personas con dificultades de memoria o atención.

- Interfaz de usuario intuitiva. Pollexy está diseñado con una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, que permite a los usuarios navegar y utilizar la aplicación de manera independiente. La simplicidad de la interfaz es importante para garantizar que la aplicación sea accesible para una amplia gama de usuarios, incluidos aquellos con habilidades cognitivas limitadas.
- Personalización y flexibilidad. La aplicación ofrece opciones de personalización para adaptarse a las necesidades individuales de cada usuario. Los usuarios pueden personalizar las listas de tareas, los recordatorios y las configuraciones de la aplicación según sus preferencias y requerimientos específicos.

En resumen, Pollexy es una aplicación desarrollada por AWS que ofrece herramientas y funciones diseñadas para apoyar a personas con necesidades especiales, como aquellas en el espectro del autismo o con trastornos del desarrollo. Al proporcionar una interfaz fácil de usar, pictogramas visuales y funciones de recordatorio, Pollexy busca mejorar la autonomía y la calidad de vida de estos individuos al facilitar la autonomía en su vida diaria. Además, poder usar esta herramienta para simplemente lecturas teniendo en cuenta la expresividad del lenguaje hace mucho más fácil entender los contextos cuando se trata de contenido visual o complejidad del dato.

Herramientas de contraste y selección de colores

Las herramientas de contraste y selección de colores son fundamentales para garantizar la accesibilidad web, especialmente para personas con discapacidad visual o dificultades para distinguir ciertos colores. En el contexto de Power BI, por ejemplo, y en el desarrollo y diseño en la Web, estas herramientas son importantes para asegurar que las visualizaciones y el contenido sean legibles y comprensibles para todos los usuarios.

Las herramientas de contraste⁷ ayudan a evaluar la diferencia de luminosidad y color entre elementos de una página web para garantizar que sean legibles para todos los usuarios. Estas herramientas proporcionan métricas objetivas, como el índice de contraste, que indican si la combinación de colores es adecuada para garantizar la legibilidad.

La selección adecuada de colores es crucial para garantizar que la información presentada en las visualizaciones sea clara y comprensible para todos los usuarios. El uso de menos colores o de

⁷ En este trabajo se usan herramientas para evaluar los ratios de contraste como WebAIM (disponible en: <https://webaim.org/resources/contrastchecker/>). WebAIM también indica si se supera o no el ratio, según las WCAG, y con qué niveles.

una paleta monocroma en el informe puede ayudar a reducir la creación de informes que sean inaccesibles.

Existen simuladores online gratuitos⁸ que evalúan la selección de colores que hayamos introducido en las visualizaciones. Esto es muy útil para personas con dificultades para distinguir ciertos colores. Esto no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también cumple con los estándares de accesibilidad web, como las WCAG

PDF remediation

El término "PDF remediation" se refiere al proceso de corregir y mejorar archivos PDF para hacerlos más accesibles para personas con discapacidades. Los archivos PDF pueden presentar varios problemas de accesibilidad que dificultan su uso para personas con discapacidades visuales, motoras, auditivas o cognitivas. Se trata de un proceso que consiste en etiquetar los elementos digitales de los documentos en formato PDF para que puedan ser reconocidos por tecnologías de apoyo (59).

Algunas de las técnicas comunes de remediación de PDF incluyen (60):

- Agregación de texto alternativo a elementos gráficos: esto implica agregar descripciones de texto alternativas a imágenes, gráficos y otros elementos visuales para que puedan ser comprendidos por lectores de pantalla. Detectar la presencia de contenido no texto sin alternativas.
- Ordenación lógica del contenido: se debe asegurar que el orden de lectura del contenido en el PDF sea lógico y coherente, lo que facilita la navegación para personas que utilizan lectores de pantalla o dispositivos de navegación por teclado.
- Marcado semántico de estructuras: utilizar marcado semántico adecuado para identificar encabezados, listas, tablas y otros elementos estructurales en el PDF, lo que mejora la comprensión del contenido y facilita la navegación. Detectar la falta de etiquetas o metadatos adecuados.
- Verificación de contraste y tamaño de texto: asegurarse de que el texto tenga suficiente contraste con el fondo y que el tamaño del texto sea legible, lo que mejora la accesibilidad para personas con discapacidad visual o dificultades de lectura. Detectar la utilización de fuentes no estándar.
- Uso de formularios interactivos accesibles: crear formularios PDF interactivos que sean accesibles para personas con discapacidad visual, auditiva o motora, utilizando etiquetas de formulario adecuadas y controles de formulario accesibles.

Hoy en día, existen diversas empresas de informática que ofrecen este servicio.

⁸ Existen herramientas de evaluación de colores enfocadas al daltonismo como Vischeck (disponible en: <https://www.vischeck.com/vischeck/vischeckimage.php>) y Coblis (disponible en: <https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>).

Investigaciones y estudios relevantes

La accesibilidad en la visualización de datos es un aspecto crucial para garantizar que la información sea accesible para todos, independientemente de sus capacidades visuales. Con este fin, he realizado una búsqueda exhaustiva de artículos científicos que aborden la accesibilidad en la visualización de datos, con un enfoque particular en la inclusión de personas con discapacidad visual.

El propósito de esta lectura es comprender los enfoques y metodologías utilizados para hacer que las visualizaciones de datos sean accesibles para personas con discapacidad visual, así como identificar las herramientas y modelos propuestos para mejorar la accesibilidad en este campo.

A continuación, se presenta una lista de los artículos seleccionados, cada uno abordando aspectos específicos relacionados con la accesibilidad en la visualización de datos:

1. "Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency."
2. "Visualizing for the non-visual: Enabling the visually impaired to use visualization."
3. "How accessible is my visualization? Evaluating visualization accessibility with Chartability."
4. "An evaluation of accessibility of Covid-19 statistical charts of governments and health organisations for people with low vision."
5. "Visualization for the blind."
6. "COVID-19 highlights the issues facing blind and visually impaired people in accessing data on the Web."
7. "Accessible visualization via natural language descriptions: A four-level model of semantic content."
8. "How accessibility standards can empower better chart visual design."

Estos artículos proporcionan una visión integral de los desafíos y enfoques en el campo de la accesibilidad en la visualización de datos, y serán analizados en detalle para extraer conclusiones significativas sobre cómo mejorar la accesibilidad en este ámbito crucial.

Artículo 1 "Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency."

El estudio (61) se enfoca en desarrollar una metodología para evaluar la accesibilidad de gráficos estadísticos para personas con baja visión y deficiencia de visión de color. Estas personas pueden enfrentar desafíos significativos al interpretar gráficos estadísticos. El estudio propone una metodología basada en la evaluación heurística para identificar problemas de accesibilidad en este tipo de representaciones visuales.

La evaluación heurística es una técnica comúnmente utilizada en el campo de la usabilidad para identificar problemas en interfaces de usuario. Sin embargo, en este estudio, se adapta específicamente para evaluar la accesibilidad de gráficos estadísticos. Se describen en detalle los criterios heurísticos utilizados en la evaluación, los cuales abarcan aspectos como el

contraste, el tamaño del texto, el uso de colores, la claridad de la representación visual y la legibilidad de la información presentada.

Para validar la metodología propuesta, se llevan a cabo evaluaciones heurísticas de gráficos estadísticos utilizando un grupo de expertos en accesibilidad y diseño de gráficos. Estas evaluaciones se realizan de manera exhaustiva, considerando una amplia variedad de gráficos estadísticos y aplicando los criterios heurísticos establecidos. Los resultados de estas evaluaciones se utilizan para refinar y mejorar la metodología, asegurando su utilidad y eficacia en la evaluación de la accesibilidad de gráficos estadísticos para personas con baja visión y deficiencia de visión de color.

El estudio también destaca la importancia de considerar las necesidades de accesibilidad desde las etapas iniciales de diseño y desarrollo de gráficos estadísticos. Proporciona recomendaciones prácticas para diseñadores y desarrolladores, con el objetivo de mejorar la accesibilidad de los gráficos y garantizar que sean comprensibles y utilizables por una amplia gama de usuarios, incluidas las personas con discapacidades visuales. En resumen, el estudio ofrece una contribución significativa al campo de la accesibilidad en la visualización de datos, al proporcionar una metodología sólida y detallada para evaluar la accesibilidad de gráficos estadísticos.

[Artículo 2 "Visualizing for the non-visual: enabling the visually impaired to use visualization."](#)

El estudio (62) aborda el desafío de permitir que las personas con discapacidad visual utilicen visualizaciones de datos. Reconoce que las visualizaciones gráficas tradicionales no son accesibles para personas con discapacidad visual. El estudio propone un enfoque novedoso para transformar visualizaciones en formatos que puedan ser interpretados por usuarios con discapacidades visuales.

El estudio se centra en desarrollar un sistema que convierte visualizaciones gráficas en descripciones textuales o táctiles que puedan ser percibidas por personas con discapacidad visual. Para lograr esto, se exploran técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático para identificar patrones visuales en las visualizaciones y convertirlos en descripciones textuales o táctiles comprensibles.

El estudio describe en detalle el diseño y desarrollo del sistema propuesto, destacando los desafíos técnicos y las soluciones implementadas. Se realizan pruebas y evaluaciones exhaustivas del sistema con usuarios con discapacidad visual, con el fin de validar su eficacia y utilidad en la interpretación de visualizaciones de datos.

Los resultados del estudio muestran que el sistema propuesto permite a las personas con discapacidad visual interpretar y comprender visualizaciones de datos de manera efectiva, mejorando su acceso a la información visual y promoviendo la inclusión en el análisis de datos.

Artículo 3 "How accessible is my visualization? Evaluating visualization accessibility with Chartability."

El estudio (63) trata la evaluación de la accesibilidad en visualizaciones de datos. Se presenta una herramienta llamada "Chartability" diseñada para evaluar la accesibilidad de visualizaciones de datos de manera sistemática y efectiva.

La herramienta Chartability ofrece un enfoque integral para evaluar la accesibilidad de visualizaciones, abordando diversos aspectos como el contraste, el tamaño del texto, la estructura del documento, la navegación y la interpretación de la información visual. La herramienta utiliza una combinación de pruebas automáticas y evaluaciones manuales. Chartability proporciona a los diseñadores y desarrolladores una comprensión detallada de la accesibilidad de sus visualizaciones y sugiere mejoras para hacerlas más accesibles.

El estudio describe en detalle el diseño y la implementación de Chartability, destacando sus características clave y su utilidad en la evaluación de la accesibilidad en visualizaciones de datos. La Figura 6 muestra las características críticas que evalúa la herramienta, clasificadas por los principios de WCAG.

Heuristic Title	Principle	Origin	Coding Categories	
			POUR	Other
Low contrast	Perceivable	Standard	P	2
Small text	Perceivable	Research	P	2
Content is only visual	Perceivable	Standard	P, R	3
Interaction has only one input	Operable	Standard	O, R	3
No interaction cues/instructions	Operable	Standard	O, U	2
No explanation for how to read	Understandable	Research	U	1
No title, summary, or caption	Understandable	Research	U	1
No table	Compromising	Research	O, U, R	3
Data density inappropriate	Assistive	Research	P, U	4
User style change not respected	Flexible	Standard	P, O, R	6
... +35 non-Critical heuristics				

Figura 6: Vista previa de las 10 heurísticas más críticas de Chartability. Fuente: (63)

Se presentan casos de estudio y ejemplos prácticos para ilustrar cómo Chartability puede ser utilizada en la práctica para mejorar la accesibilidad de visualizaciones existentes y guiar el diseño de nuevas visualizaciones accesibles.

Los resultados del estudio muestran que Chartability representa una solución práctica y escalable para mejorar y evaluar la accesibilidad en visualizaciones de datos. Proporciona a los

diseñadores y desarrolladores una forma sistemática y eficiente de identificar y abordar problemas de accesibilidad. Esto contribuye a la creación de visualizaciones más inclusivas y accesibles, mejorando el acceso a la información visual para una amplia gama de usuarios, incluidas personas con discapacidades.

Artículo 4 "An evaluation of accessibility of Covid-19 statistical charts of governments and health organisations for people with low vision."

El estudio (64) examina la accesibilidad de los gráficos estadísticos sobre COVID-19 creados por gobiernos y organizaciones de salud para personas con baja visión. Se reconoce la importancia de garantizar que la información sobre la pandemia sea accesible para todos, especialmente para personas con discapacidad visual. El estudio analiza la legibilidad y la comprensión de estos gráficos por parte de personas con baja visión.

El estudio utiliza una metodología de evaluación que incluye la revisión de una muestra representativa de gráficos estadísticos sobre COVID-19 de diferentes países y organizaciones de salud. Se examinan diversos aspectos de accesibilidad, como el contraste, el tamaño del texto, el uso de colores y la claridad de la representación visual. El objetivo es identificar posibles barreras para personas con baja visión.

Los resultados del estudio muestran que muchos de los gráficos estadísticos sobre COVID-19 analizados no cumplen con los estándares mínimos de accesibilidad para personas con baja visión. Se observan problemas comunes, como un contraste insuficiente, tamaños de texto demasiado pequeños y el uso de colores que dificultan la interpretación de la información.

En la Figura 7 vemos los resultados por organizaciones que se obtienen de las evaluaciones. Según los resultados, las webs gubernamentales españolas son las únicas que usan imágenes de solo texto, con una frecuencia del 75% o más. Además, carecen de títulos suficientemente descriptivos, ejes sin títulos, niveles de contraste de colores inadecuados, y combinaciones de colores no adaptadas para personas daltónicas.

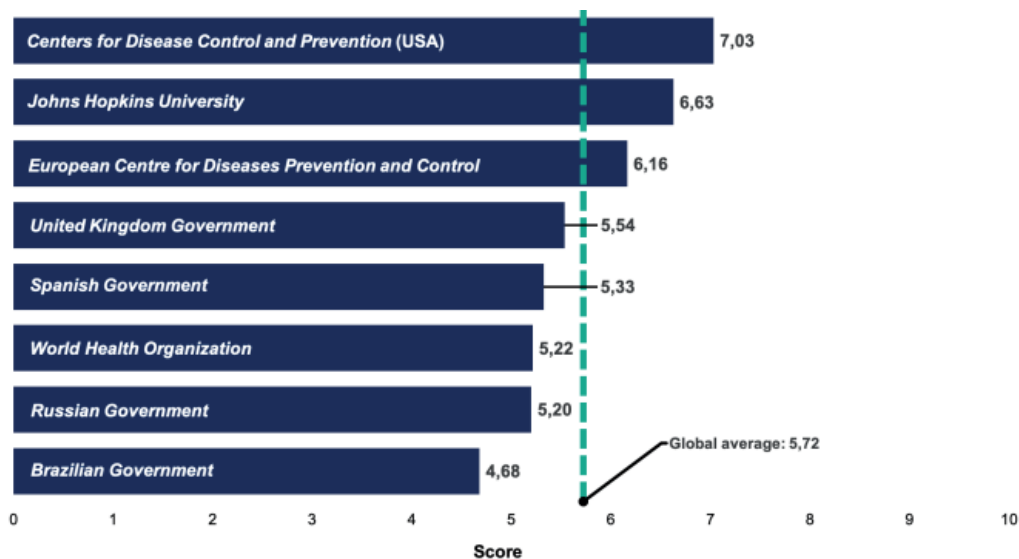


Figura 7: Puntuaciones medias por organismos de las evaluaciones del estudio. Fuente: (64)

Como conclusión, el estudio destaca la necesidad de mejorar la accesibilidad de los gráficos estadísticos sobre COVID-19 para garantizar que sean comprensibles y utilizables por personas con baja visión. Se sugieren recomendaciones para diseñadores y desarrolladores de gráficos estadísticos, con el objetivo de mejorar su accesibilidad y promover la inclusión de personas con discapacidad visual en la comprensión de la información sobre la pandemia.

Artículo 5 "Visualization for the blind."

El estudio (65) se enfoca en explorar cómo las visualizaciones de datos pueden ser accesibles para personas ciegas o con discapacidad visual. El estudio examina diferentes enfoques y tecnologías que pueden permitir que personas ciegas o con discapacidad visual interactúen con visualizaciones de datos.

El autor analiza varias estrategias para hacer que las visualizaciones sean accesibles, incluyendo la conversión de visualizaciones gráficas en descripciones verbales o táctiles que puedan ser percibidas por personas ciegas, así como el desarrollo de herramientas de asistencia tecnológica que permitan la exploración táctil de visualizaciones en dispositivos táctiles hápticos.

El estudio también explora cómo los avances en tecnologías de reconocimiento de voz y procesamiento de lenguaje natural pueden facilitar la interacción de personas ciegas con visualizaciones de datos, permitiéndoles realizar consultas y recibir información sobre los datos representados en las visualizaciones.

El autor enfatiza la necesidad de una colaboración interdisciplinaria entre diseñadores, desarrolladores, investigadores de la visión y personas con discapacidad visual para garantizar que las soluciones propuestas sean efectivas y significativas para los usuarios finales.

Artículo 6 "COVID-19 highlights the issues facing blind and visually impaired people in accessing data on the Web."

El estudio (66) es presentado en las actas de la 18ª Conferencia Internacional Web for All (W4A '21). Se examinan los desafíos que enfrentan las personas ciegas y con discapacidad visual al acceder a datos en la web, especialmente durante la pandemia de COVID-19.

El estudio destaca cómo la crisis de salud pública resaltó las deficiencias en la accesibilidad web para personas ciegas y con discapacidad visual. Se realizó una primera encuesta online a usuarios con discapacidad visual, los cuales otorgan gran importancia al consumo de medios basados en datos e identifican que tienen barreras que impiden el acceso adecuado. 93% de los encuestados estuvieron de acuerdo en que tienen preocupaciones sobre el acceso a información precisa sobre COVID-19. En la Figura 8 se muestran los resultados de una de las preguntas y el 73% está en desacuerdo con que la información es accesible mediante sus dispositivos de apoyo.

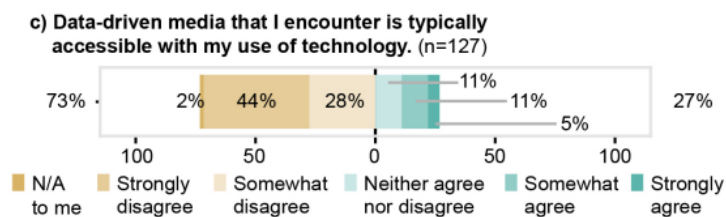


Figura 8: Resultados de una pregunta de la encuesta online sobre si los contenidos son accesibles con sus dispositivos de ayuda. Fuente: (66)

Las dificultades para acceder a información vital relacionada con la pandemia pasaron a ser críticas, como datos epidemiológicos, pautas de salud y actualizaciones gubernamentales.

Los investigadores analizan varios aspectos de la accesibilidad web que representan barreras para las personas ciegas y con discapacidad visual. Esto incluye la falta de etiquetado adecuado de imágenes, gráficos y formularios, la navegación ineficiente y la falta de compatibilidad con tecnologías de asistencia como lectores de pantalla.

A través de un análisis exhaustivo, el estudio subraya la necesidad urgente de mejorar la accesibilidad web para personas ciegas y con discapacidad visual, especialmente en el contexto de la pandemia de COVID-19. Además, ofrece recomendaciones para abordar estas deficiencias y promover la inclusión digital para todos los usuarios tanto durante emergencias de salud pública como en sus vidas cotidianas.

Artículo 7 "Accessible visualization via natural language descriptions: a four-level model of semantic content."

El estudio (67), se publica en "IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics". Presenta un modelo de cuatro niveles para mejorar la accesibilidad de las visualizaciones mediante descripciones en lenguaje natural.

El modelo propuesto aborda las limitaciones de las descripciones automáticas generadas por herramientas existentes, al proporcionar un enfoque más detallado y semánticamente rico para describir visualizaciones. Este modelo se basa en cuatro niveles de contenido semántico: contexto general, configuración de la visualización, datos y relaciones visuales.

Los investigadores desarrollan una herramienta que utiliza este modelo para generar descripciones en lenguaje natural de visualizaciones. El estudio incluye una evaluación de la efectividad y utilidad de la herramienta mediante pruebas con usuarios ciegos o con discapacidad visual. Se pretende demostrar que las descripciones generadas por el modelo propuesto mejoran significativamente la comprensión de las visualizaciones en comparación con las descripciones automáticas estándar.

En resumen, el estudio ofrece un enfoque innovador para mejorar la accesibilidad de las visualizaciones mediante descripciones en lenguaje natural, utilizando un modelo de cuatro niveles para proporcionar descripciones semánticamente ricas y detalladas que mejoran la comprensión de la información presentada en las visualizaciones para usuarios ciegos o con discapacidad visual.

[Artículo 8 “How accessibility standards can empower better chart visual design.”](#)

El estudio (68) explora el impacto de los estándares de accesibilidad en el diseño visual de gráficos. Los estándares de accesibilidad no solo son importantes para garantizar la inclusión de personas con discapacidades, sino que también pueden mejorar la calidad general del diseño de gráficos.

El autor destaca cómo los estándares de accesibilidad, como los proporcionados por WCAG, ofrecen pautas claras para mejorar la legibilidad, la comprensión y la usabilidad de los gráficos para todos los usuarios. Estos estándares incluyen recomendaciones sobre el contraste de colores, el etiquetado adecuado de elementos y la navegación accesible. Un ejemplo de las sugerencias en el aspecto de colores es, usar un fondo oscuro ya que se pueden usar más cantidad de colores que respetan el ratio de contraste. En la Figura 9 se exponen los colores de la paleta de Google que cumplen los ratios según si utilizamos un fondo oscuro o claro. Vemos una diferencia de 60 tonos con un fondo oscuro frente a 41 tonos con un fondo claro. Esto predispone con mayor facilidad a diseñar gráficos accesibles si se usa un tema oscuro.

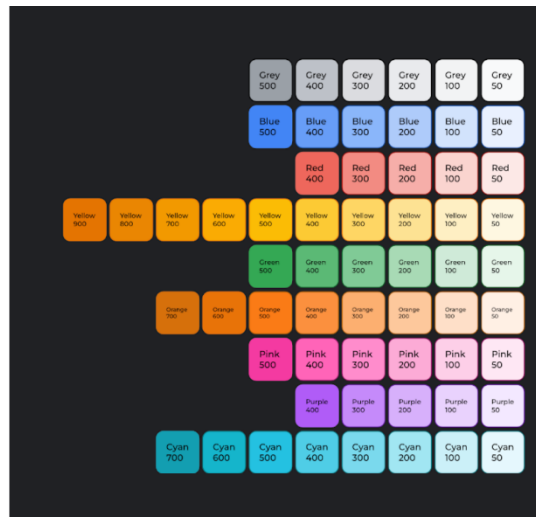


Figura 9: Comparación de contraste de colores accesibles según tema oscuro y claro de la paleta de Google. Fuente: (68)

Se presentan casos de estudio y ejemplos prácticos con gráficos para demostrar cómo la aplicación de estándares de accesibilidad puede conducir a un diseño visual más efectivo y significativo. La recomendación principal es no usar el color como medio de comunicación único en las visualizaciones, sino que, se tiene que aportar una codificación de la información suplementaria. Esto puede darse mediante texto, señalizaciones, formas y *sparklines*⁹ o mini gráficos, entre otras.

Además, discute cómo los diseñadores pueden integrar principios de accesibilidad en su proceso de diseño desde el principio, en lugar de abordar la accesibilidad como una ocurrencia tardía. También pone en valor el involucrar a los diferentes miembros del equipo y desarrolladores para que todo el grupo se sienta comprometido con las adaptaciones de accesibilidad. Esto facilita mucho poder satisfacer las directrices oficiales.

En resumen, el estudio sostiene que la adopción de estándares de accesibilidad puede no solo mejorar la inclusión de personas con discapacidades, sino también llevar a un mejor diseño visual en general. Al seguir estas pautas, los diseñadores pueden crear gráficos que sean accesibles y efectivos para todos los usuarios.

Similitudes de los estudios

Todos los estudios exploran enfoques para hacer que las visualizaciones de datos sean accesibles para personas con discapacidad visual. Como resumen de los artículos, podemos ver ciertas características en común en la Tabla 1.

⁹ Los *sparklines* son gráficos pequeños e informales que se utilizan para mostrar tendencias o variaciones en datos de forma concisa y sencilla, generalmente integrados dentro de texto o tablas.

Artículo	Color	Contraste/ legibilidad	Tamaño	Pruebas usuarios	con	Recomendaciones	Solución tecnológica	Visualizaciones sanitarias
Artículo 1 (61)	Si	Si	Si	Si		Si	Evaluar accesibilidad	No
Artículo 2 (62)	No	No	No	Si		No	Descripciones accesibles	No
Artículo 3 (63)	Si	Si	Si	No		No	Evaluar accesibilidad	No
Artículo 4 (64)	Si	Si	Si	No		Si	Evaluar accesibilidad. Analiza la comprensión de los gráficos.	Si
Artículo 5 (65)	Si	Si	Si	No		Si	No. Es un estudio informativo	No

Artículo 6 (66)	Si	Si	Si	No	Si	No. Es un estudio informativo	Si
Artículo 7 (67)	Si	No	No	Si	No	Descripciones accesibles	No
Artículo 8 (68)	Si	Si		No	Si	Descripciones y gráficos accesibles	No

Tabla 1: Resumen y similitudes entre los artículos analizados

Más allá de las normas

La ética en la accesibilidad se centra en el principio fundamental de garantizar que la información y los servicios estén disponibles y sean utilizables para todas las personas, independientemente de sus habilidades o discapacidades. Aunque las normas y regulaciones proporcionan directrices específicas, la importancia de ser accesibles va más allá del cumplimiento legal y se arraiga en principios éticos fundamentales.

La accesibilidad promueve la inclusión. Permite que todas las personas, independientemente de sus habilidades, participen plenamente en la sociedad y accedan a recursos esenciales, servicios y oportunidades.

La accesibilidad promueve el desarrollo sostenible al asegurar que las soluciones digitales sean duraderas, adaptables y beneficiosas para toda la sociedad a lo largo del tiempo.

La accesibilidad fomenta las bases para construir una sociedad más justa al eliminar barreras y ofrecer igualdad de acceso a la información y los servicios para todos los ciudadanos. Además, diseñar con la accesibilidad mejora la experiencia de todos los usuarios. Las soluciones accesibles suelen ser más intuitivas y fáciles de usar.

La CDPD (69), previamente mencionada, es un tratado de las Naciones Unidas. Los Artículos 9 y 21 de la CDPD abordan específicamente la accesibilidad, incluida la accesibilidad en la información y las comunicaciones, lo que abarca la accesibilidad web:

- Artículo 9 - Accesibilidad: Este artículo establece que las personas con discapacidad tienen derecho a vivir de forma independiente y a participar plenamente en todos los aspectos de la vida. Los Estados Partes deben tomar medidas para garantizar que las personas con discapacidad tengan acceso al entorno físico, al transporte, a la información y las comunicaciones, y a otras instalaciones y servicios públicos.
- Artículo 21 - Libertad de expresión y opinión, y acceso a la información: Este artículo reconoce el derecho de las personas con discapacidad a la libertad de expresión y opinión, y a recibir y difundir información en igualdad de condiciones con las demás, lo que incluye el acceso a la información escrita y electrónica, y a la tecnología de la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas de lectura fácil.

Estos artículos buscan garantizar que las personas con discapacidad tengan igualdad de oportunidades y acceso a los mismos derechos que el resto de la población.

El acceso a la información y a los servicios en línea se considera un derecho humano fundamental. La accesibilidad garantiza que este derecho sea respetado para todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas o cognitivas.

Relación con mi proyecto

Se han identificado previamente las limitaciones actuales en cuanto a la accesibilidad en visualizaciones de datos. Esto podría incluir barreras para personas con discapacidades visuales, motoras, auditivas o cognitivas, así como problemas de comprensión y navegación en las visualizaciones existentes.

A continuación, se proponen soluciones innovadoras para superar las limitaciones identificadas. Esto podría incluir el desarrollo de nuevas herramientas o técnicas de visualización que prioricen la accesibilidad, así como la adaptación de herramientas existentes para hacerlas más inclusivas.

Se va a detallar la metodología que utilizada para diseñar y desarrollar las soluciones. Además, se va a anexar una guía que contenga todas las soluciones.

Con este proyecto, se pretende mejorar de la accesibilidad en visualizaciones de datos. Son soluciones enfocadas a desarrolladores de este tipo de contenido, o personas que realicen su mantenimiento. El proyecto incluye la creación de nuevas herramientas accesibles, la validación de técnicas de visualización inclusivas y la identificación de mejores prácticas para diseñar visualizaciones accesibles.

En conclusión, se pretende contribuir al avance de la accesibilidad en visualizaciones de datos y cómo podrían beneficiar a la comunidad de usuarios, incluidas personas con discapacidades y profesionales en el campo de la visualización de datos.

Objetivos

Este trabajo de fin de grado se centra en abordar la falta de accesibilidad mediante la investigación y aplicación de soluciones que mejoren la accesibilidad en visualizaciones de datos.

El objetivo es contribuir a la creación de visualizaciones inclusivas, donde la información pueda ser interpretada de manera efectiva por todos los usuarios, independientemente de sus habilidades.

Se presentan los objetivos concretos de este proyecto:

1. Analizar las recomendaciones actuales sobre la accesibilidad de la visualización de datos en la Web:
 - Revisar exhaustivamente las pautas, estándares y mejores prácticas existentes en materia de accesibilidad web
 - Identificar las recomendaciones más relevantes y aplicables a las visualizaciones de información sanitaria.

2. Sintetizar las recomendaciones en una guía de accesibilidad para la visualización de datos en la Web:
 - Condensar y organizar las recomendaciones identificadas en el objetivo 1 en una guía coherente y fácil de seguir, diseñada específicamente para mejorar la accesibilidad de las visualizaciones biomédicas en la Web.
 - Estructurar la guía de manera que sea comprensible y aplicable para desarrolladores y diseñadores web.

3. Evaluar la accesibilidad de las visualizaciones de información sanitaria en la Web utilizando la guía de accesibilidad propuesta:
 - Aplicar la guía de accesibilidad desarrollada en el objetivo 2 para evaluar una muestra representativa de visualizaciones de información sanitaria disponibles en la Web.
 - Registrar y analizar los resultados de la evaluación para identificar áreas de mejora y posibles desafíos en la implementación de la guía.

4. Desarrollar un prototipo de visualización de información sanitaria en la Web conforme a la guía de accesibilidad propuesta:
 - Utilizar la guía de accesibilidad desarrollada en el objetivo 2 como referencia para el diseño e implementación de un prototipo de visualización de información sanitaria en la Web.
 - Asegurar que el prototipo cumpla con los estándares de accesibilidad definidos en la guía y sea capaz de proporcionar una experiencia óptima para todos los usuarios.

5. Evaluar la accesibilidad del prototipo desarrollado mediante pruebas de accesibilidad:
 - Realizar pruebas de accesibilidad que contemplen barreras visuales y cognitivas.
 - Recopilar retroalimentación y datos cualitativos y cuantitativos para evaluar la eficacia del prototipo en cumplir con los criterios de accesibilidad establecidos.

Metodología

En la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado (TFG), he aplicado metodologías ágiles, concretamente el marco de trabajo Scrum. Scrum es una metodología ágil utilizada para gestionar proyectos complejos, que se basa en la realización de entregas incrementales y regulares, denominadas sprints. Un sprint es un periodo de tiempo, usualmente de dos a cuatro semanas, durante el cual se completa un conjunto específico de tareas o metas. En total, mi proyecto se desarrolló a lo largo de 11 sprints, cada uno de los cuales culminó con la entrega de una sección o apartado completamente desarrollada del trabajo.

Planificación del proyecto

La búsqueda de información y puesta en contexto se inicio antes de las fechas indicadas pero no se va a tener en cuenta ya que no se había establecido la organización y planificación del proyecto.

A continuación, se detalla el desglose de los sprints realizados durante el desarrollo del TFG, incluyendo las fechas originales y las tareas correspondientes. Algunos sprints se iniciaron y terminaron en diferentes fechas de las que se van a presentar.

- Sprint 1: contextualizar las discapacidades que se van a tener en cuenta.
 - o Inicio: martes, 12 de diciembre de 2023. Fecha de primera reunión.
 - o Entrega: viernes, 5 de enero de 2024.
 - o Entrega de las correcciones: viernes, 12 de enero de 2024
- Sprint 2: realizar el estado del arte.
 - o Inicio: sábado, 13 de enero de 2024.
 - o Fin: lunes, 22 de enero de 2024.
 - o Entrega de las correcciones: domingo, 28 de enero de 2024.
 - o La búsqueda de estudios relevantes tomó tiempo inicialmente no previsto. Se entregó parte del estado del arte sin la parte de los estudios.
- Sprint 3: redacción de la introducción.
 - o Inicio: lunes, 29 de enero de 2024.
 - o Fin: lunes, 5 de febrero de 2024.
 - o Entrega de las correcciones: sábado, 10 de febrero de 2024.
 - o Se entrega antes del tiempo indicado para no perder la planificación y recuperar lo demorado del sprint 2 relativo a los estudios.
- Sprint 4: desarrollo de ejemplos de webs sanitarias con problemas en visualizaciones.
 - o Inicio: domingo, 11 de febrero de 2024.
 - o Fin: domingo, 25 de febrero de 2024.
 - o Entrega de las correcciones: Sábado, 2 de marzo de 2024.
 - o Este sprint se pospuso a después de la finalización de la guía ya que era necesario tener una referencia que al principio no se contempló. En su lugar, se continuó la finalización del sprint 2 que se había demorado.
- Sprint 5: brainstorming y desarrollo de la guía de accesibilidad.
 - o Inicio: domingo, 3 de marzo de 2024.
 - o Fin (brainstorming): martes, 12 de marzo de 2024.

- Fin (elaborar guía y anexo guía): lunes, 25 de marzo de 2024.
- Sprint 6: implementación de la página web y dashboard en Power BI.
 - Inicio: martes, 26 de marzo de 2024.
 - Fin (implementación): martes, 16 de abril de 2024.
 - Fin: martes, 23 de abril de 2024.
- Sprint 7: redacción de las conclusiones.
 - Inicio: miércoles, 24 de abril de 2024.
 - Fin: martes, 30 de abril de 2024.
- Sprint 8: maquetar la memoria, arreglar la bibliografía, referencias y anexar la guía.
 - Inicio: miércoles, 1 de mayo de 2024.
 - Fin: sábado, 11 de mayo de 2024.
- Sprint 9: realización del poster.
 - Inicio (hacer póster): domingo, 12 de mayo de 2024.
 - Fin (póster): viernes, 17 de mayo de 2024.
- Sprint 10: revisión final.
 - Inicio: sábado, 18 de mayo de 2024.
 - Última entrega provisional: martes, 21 de mayo de 2024.
 - Fin: jueves, 23 de mayo de 2024.
 - Entrega TFG: viernes, 24 de mayo de 2024.
- Sprint 11: preparación de la defensa ante el Tribunal.
 - Inicio: lunes, 27 de mayo de 2024.
 - Fin: viernes, 14 de junio de 2024.

Este desglose muestra el cronograma detallado de los sprints, permitiendo una visión clara de las etapas de desarrollo y sus respectivas fechas de inicio y finalización.

La gran mayoría de fechas ha sufrido cambios que no se habían planteado en el inicio. El aprendizaje obtenido es que un proyecto de esta amplitud debería haberse iniciado con más tiempo ya que la alumna trabaja a jornada completa en un puesto muy exigente mentalmente. Compatibilizar ambas tareas además de los imprevistos que tiene la vida personal, ha resultado aportar una lección de gestión de tiempo y organización.

Herramientas utilizadas

Trello

Para la gestión de proyectos, se ha utilizado Trello, una herramienta de organización visual basada en tableros. En Trello, pude crear listas de tareas y tarjetas, que se movían de una columna a otra a medida que avanzaban en su ciclo de vida, facilitando así la gestión y el seguimiento del progreso del proyecto. Trello permite una visualización clara de las tareas pendientes, canceladas o pospuestas, en curso y completadas, lo que resulta fundamental en un entorno ágil para mantener la organización y el enfoque. En la Figura 10 se adjunta una captura de pantalla de los tableros de Trello de cara al final del sprint 10.

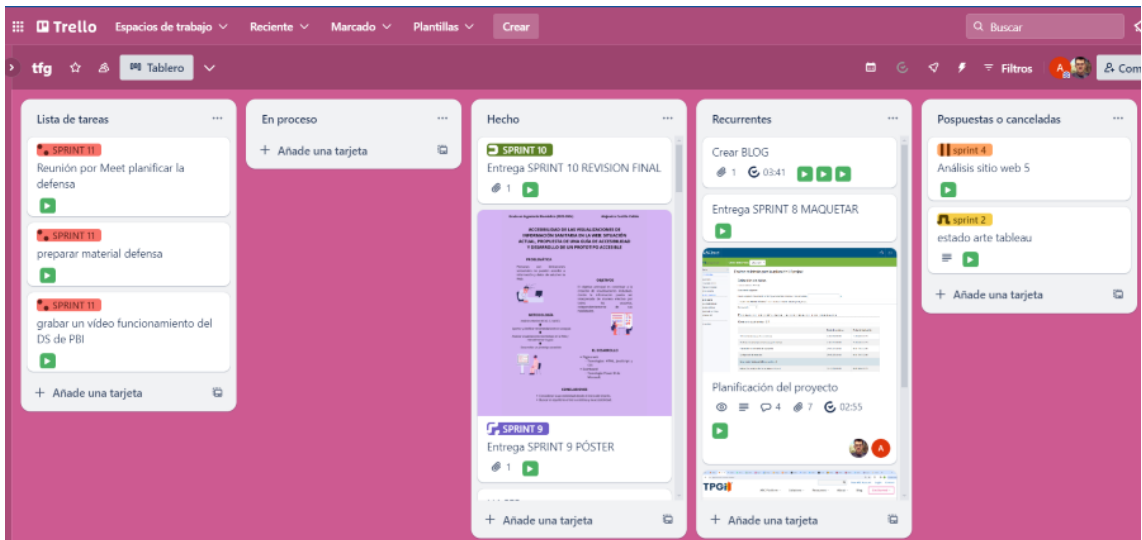


Figura 10: Captura de pantalla de los tableros de Trello de cara al final del proyecto.

TimeCamp

Para contabilizar el tiempo dedicado a cada parte del proyecto, utilicé TimeCamp. Esta herramienta de seguimiento del tiempo permite registrar y analizar cuánto tiempo se invierte en diversas actividades. La integración de TimeCamp en mi flujo de trabajo fue esencial, especialmente considerando que realicé este proyecto mientras trabajaba a jornada completa. TimeCamp me ayudó a gestionar mejor mi tiempo, permitiéndome concentrarme en las tareas y asegurando una utilización eficiente del tiempo disponible. En la Figura 11 se adjunta un ejemplo de la herramienta de un día aleatorio en el que se realizó una entrada de tiempo del sprint 6.

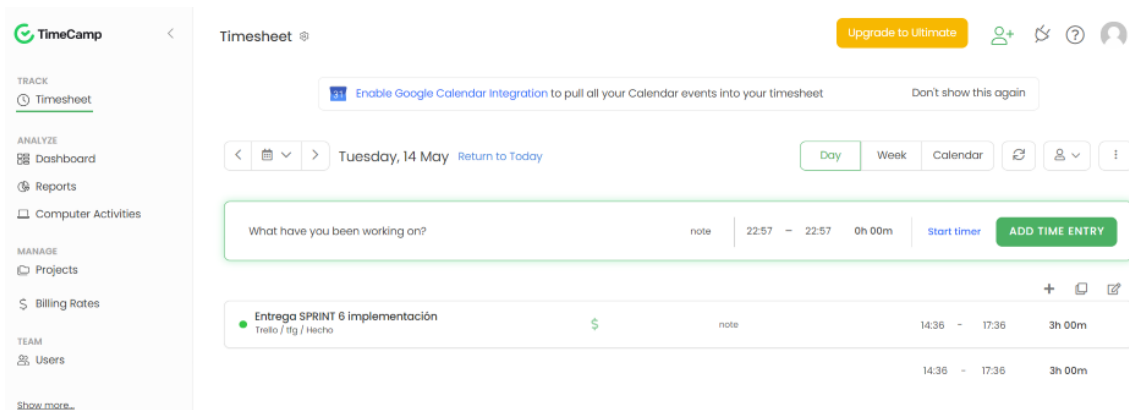


Figura 11: Captura de pantalla de la interfaz de TimeCamp para un día en concreto.

Google Calendar

El uso de Google Calendar fue crucial para planificar y visualizar las fechas de inicio y fin de cada sprint. Esta herramienta me permitió mantener un calendario organizado, asegurándome de no

perder de vista los plazos importantes y coordinando mi trabajo en el TFG con otras responsabilidades laborales y personales.

Canvas

Para el desarrollo del póster¹⁰, se ha utilizado la herramienta Canvas. Es una herramienta de diseño en línea, que permite personalizar los lienzos y partir de plantillas. En este caso, se ha creado un lienzo de tamaños 70cm x 100 cm. He elegido Canvas porque ofrece herramientas de accesibilidad enfocadas a lectores de pantalla, lo que permite crear diseños inclusivos y accesibles para personas con discapacidades visuales. Se han añadido imágenes en el póster y la herramienta permite seleccionarlas como decorativas. Canvas facilita la creación de gráficos de alta calidad y asegura que el contenido sea accesible para todos los usuarios.

Integración de herramientas

Una de las ventajas significativas de Trello y TimeCamp es su capacidad de integración. Esta integración permitió que, mientras planificaba el proyecto en Trello, pudiera ver automáticamente el tiempo que estaba dedicando a cada tarea, gracias a TimeCamp. Esta sinergia entre herramientas facilitó una gestión de tiempo y tareas más eficiente y transparente.

Comunicación con el tutor

Para la comunicación constante con mi tutor, se han empleado herramientas como el correo electrónico y Blogger (el blog de Google). A través del correo electrónico, podía plantear dudas y recibir feedback de manera rápida. Paralelamente, utilicé Blogger para documentar mis avances y reflexiones sobre el proyecto. Crear entradas periódicas en el blog no solo me ayudó a mantener un registro detallado del progreso, sino que también permitió a mi tutor revisar y comentar sobre mi trabajo de manera estructurada.

En resumen, la combinación de metodologías ágiles y una selección de herramientas adecuadas fue clave para la planificación, ejecución y seguimiento del proyecto, asegurando así un desarrollo ordenado y eficiente del TFG.

¹⁰ El póster se ha dejado con acceso público en Canvas (disponible en: https://www.canva.com/design/DAGF89pcptE/MSbaZ7EKwl6jrl-S_n9Ffg/view?utm_content=DAGF89pcptE&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor).

Propuesta: guía de accesibilidad en visualizaciones de datos

Análisis de las WCAG 2.2 en visualizaciones de datos

Durante la investigación sobre accesibilidad web, se llevó a cabo una exhaustiva revisión de las pautas del WCAG 2.2 con el objetivo de identificar aquellas directrices que son particularmente relevantes en el contexto de las visualizaciones de datos. Las visualizaciones de datos juegan un papel crucial en la presentación de información compleja de manera comprensible y efectiva. Sin embargo, para garantizar que estas visualizaciones sean accesibles para todos los usuarios, es fundamental tener en cuenta las mejores prácticas de accesibilidad.

A través de esta búsqueda y análisis detallado, se han recopilado las directrices del WCAG 2.2 que se aplican o tienen especial relevancia a las visualizaciones de datos y que pueden ayudar a garantizar su accesibilidad para una amplia variedad de usuarios. Las directrices seleccionadas no aplican exclusivamente a las visualizaciones de datos, si no que muchas son generales y se han pensado porque se deben tener en cuenta, como por ejemplo con los textos. Estas directrices proporcionan un marco sólido para diseñar y desarrollar visualizaciones de datos accesibles, lo que garantiza que la información presentada sea comprensible y utilizable para todos, independientemente de sus capacidades físicas o cognitivas. En la Tabla 2, se presentan estas directrices junto con el principio, y el criterio de éxito¹¹ y su nivel correspondiente.

Principio	Directriz	Nivel	Criterio de éxito
Perceivable	1.1 Text Alternatives	A	1.1.1 Non-text Content
Perceivable	1.3 Adaptable	A	1.3.1 Info and Relationships
Perceivable	1.3 Adaptable	A	1.3.3 Sensory Characteristics
Perceivable	1.4 Distinguishable	A	1.4.1 Use of Color
Perceivable	1.4 Distinguishable	AA	1.4.3 Contrast (Minimum)
Perceivable	1.4 Distinguishable	AA	1.4.4 Resize Text
Perceivable	1.4 Distinguishable	AA	1.4.5 Images of Text
Perceivable	1.4 Distinguishable	AAA	1.4.6 Contrast (Enhanced)
Perceivable	1.4 Distinguishable	AAA	1.4.9 Images of Text (No Exception)
Perceivable	1.4 Distinguishable	AA	1.4.11 Non text Contrast
Perceivable	1.4 Distinguishable	AAA	1.4.12 Text Spacing
Operable	2.1 Keyboard Accessible	A	2.1.1 Keyboard
Operable	2.1 Keyboard Accessible	A	2.1.2 No Keyboard Trap

¹¹ Los criterios de éxito y directrices se presentan en inglés porque no existe una traducción oficial al español.

Operable	2.1 Keyboard Accessible	AAA	2.1.3 Keyboard (No Exception)
Operable	2.2 Enough Time	A	2.2.2 Pause, Stop, Hide
Operable	2.2 Enough Time	AAA	2.2.3 No Timing
Operable	2.3 Seizures and Physical Reactions	A	2.3.1 Three Flashes or Below Threshold
Operable	2.3 Seizures and Physical Reactions	AAA	2.3.2 Three Flashes
Operable	2.3 Seizures and Physical Reactions	AAA	2.3.3 Animation from Interactions
Operable	2.4 Navigable	A	2.4.3 Focus Order
Operable	2.4 Navigable	AA	2.4.6 Headings and Labels
Understandable	3.1 Readable	A	3.1.1 Language of Page
Understandable	3.1 Readable	AA	3.1.2 Language of Parts
Robust	4.1 Compatible	A	4.1.2 Name, Role, Value

Tabla 2: Recopilación de principios, directrices, niveles y criterios de éxito de WCAG 2.2 relevantes en las visualizaciones de datos.

A continuación, se explican los motivos de las selecciones de los criterios de éxito.

Dentro del principio perceptible, se han seleccionado 11 criterios de éxito.

El criterio de éxito '1.1.1 Non-text Content' contempla que todos los contenidos que no sean textuales tengan una opción de texto alternativo. En el caso de las visualizaciones es necesario tener esta alternativa textual ya que mayoritariamente tendremos contenido no textual.

El criterio de éxito '1.3.1 Info and Relationships' es necesario para que las tecnologías de ayuda puedan comunicarle al usuario que se encuentran ante un gráfico o una imagen, por ejemplo. Los usuarios que utilicen tecnologías amplificadoras de pantalla o lupas también es necesario identificar mediante código las diferentes partes del contenido para no perder el significado si este cambia de sitio.

El criterio de éxito '1.3.3 Sensory Characteristics' va a permitir tener instrucciones en forma de texto y que todos los usuarios puedan acceder al contenido y sepan interactuar con las visualizaciones. Las visualizaciones de datos suelen depender de características sensoriales como el color, el tamaño y la forma para transmitir información de manera efectiva. El aspecto del color se tratará en el siguiente punto. Un caso de uso de este criterio puede ser dar instrucciones según la tipología del texto. Por ejemplo, dar instrucciones previas en la visualización, indicando un significado cuando el texto está en negrita y otro significado cuando el texto está en cursiva va a conllevar una falta de accesibilidad ya que habrá personas que no podrán reconocer estas características, o directamente no lo podrán ni ver. Utilizar una característica sensorial así es posible, pero se tiene que acompañar de una alternativa accesible.

Son muy comunes las visualizaciones en las que se puede alternar las métricas que se quieren ver. Por ejemplo, a veces se tiene una gráfica de barras en función del tiempo, y la métrica que se representa en el eje vertical de las ordenadas son las ventas netas. Además de las ventas, el usuario puede elegir una métrica de margen bruto, margen neto, unidades vendidas, ebitda, etc. Todas estas métricas vienen desglosadas en la propia visualización, o en un bloque con botones alrededor de la visualización. En la gran mayoría de situaciones, no viene explícitamente escrito que se puede intercambiar estas métricas o indicadores. El usuario tiene que ser consciente de que puede realizar esta acción.

El criterio de éxito '1.4.1 Use of Color' contempla que el color no sea la única manera de transmitir información ya que tanto los usuarios daltónicos como los que no pueden ver no van a poder percibir esa información. Este criterio va a afectar a prácticamente todas las visualizaciones de datos.

El criterio de éxito '1.4.3 Contrast (Minimum)' exige un ratio de contraste mínimo de 4.5:1 tanto para los textos como las imágenes de texto. Esto afecta a todo el contenido textual que rodea una visualización de datos como pueden ser los títulos o los ejes de referencia.

El criterio de éxito '1.4.4 Resize Text' va a implicar qué no se pierda información cuando el usuario intente ampliar el tamaño del contenido. Solo va a afectar al contenido textual que se encuentre dentro de la visualización cómo puede ser el interior de una tabla o el etiquetado de unas columnas en un gráfico de barras.

El criterio de éxito '1.4.5 Images of Text' promueve reducir al máximo todo el contenido textual que se encuentre en imágenes de texto para que éste sea más accesible a todo el mundo. Es conveniente que las visualizaciones se integren al máximo con la plataforma en la que se estén visualizando y se evite mostrarlo como una captura o imagen.

El criterio de éxito '1.4.6 Contrast (Enhanced)' exige lo mismo que el criterio '1.4.3 Contrast (Minimum)' pero ahora aplica para todo tipo de texto, no solamente textos de títulos o de gran tamaño. En esta ocasión se pide un ratio de contraste de al menos 7:1. Esto va a afectar a todo el contenido textual que no sea necesario ver en tamaño tan grande como la leyenda o el etiquetado de las columnas, por ejemplo.

El criterio de éxito '1.4.9 Images of Text (No Exception)' exige que las imágenes de texto sean únicamente decorativas. Es conveniente que las visualizaciones con imágenes de texto decorativas sean replanteadas de otra manera o eliminadas.

El criterio de éxito '1.4.11 Non text Contrast' tiene relevante importancia en las visualizaciones de datos sobre todo cuando estamos ante gráficos o elementos con diferentes colores de distinción. Este criterio obliga a tener un ratio de contraste 3:1 entre colores adyacentes. esto afecta en los mapas, en los gráficos de barras o líneas, etc. Por ejemplo, si las barras no tienen este contraste como mínimo entre sí o entre el fondo no cumplirán este requisito.

El criterio de éxito '1.4.12 Text Spacing' contempla que el texto de nuestras visualizaciones tenga el espaciado correcto entre letras, palabras y alturas de línea.

Dentro del principio operable, se han seleccionado 10 criterios de éxito.

Los criterios de éxito '2.1.1 Keyboard', '2.1.2 No Keyboard Trap' y '2.1.3 Keyboard (No Exception)' van a contemplar que las visualizaciones sean accesibles mediante un teclado y el usuario pueda recorrer todas las partes y salir cuando lo desee. Por ejemplo, que sea capaz de recorrer las celdas de una tabla sin ningún impedimento y sin perder el sentido de dónde está.

El criterio de éxito '2.2.2 Pause, Stop, Hide' permite que los usuarios decidan cuando van a tener movimiento las visualizaciones. Esto implica que las visualizaciones que recorren un marco temporal donde se van moviendo los datos permitan pausar la transición. Existen muchas visualizaciones dinámicas, pero incluso las más comunes suelen tener necesidad de hacer *scroll*. También, son comunes visualizaciones con cambios de color o destellos de manera repentina.

El criterio de éxito '2.2.3 No Timing' permite a los usuarios disponer del tiempo que necesiten para ver e interactuar con las visualizaciones sin que exista un límite. Las visualizaciones de datos no deberían de tener un límite de tiempo ya que hay usuarios que van a tardar más en acceder a la información debido al uso de tecnologías de asistencia.

Los criterios de éxito '2.3.1 Three Flashes or Below Threshold' y '2.3.2 Three Flashes' exigen que nuestras visualizaciones no puedan tener una cantidad de 3 *flashes* o destellos en 1 segundo. El primer criterio no permite que los *flashes* sean de saturación roja y el segundo no permite ninguno. Los usuarios con epilepsia fotosensible pueden sufrir consecuencias. Además, incorporar visualizaciones que transmitan información mediante *flashes* o destellos es privar a ciertos usuarios alguna interpretación.

El criterio de éxito '2.3.3 Animation from Interactions' exige que las interacciones en las visualizaciones puedan ser inhabilitadas. Si las animaciones son esenciales es posible mantenerlas, pero tendremos que prestar atención a que esa misma información esté propuesta de otra manera alternativa.

El criterio de éxito '2.4.3 Focus Order' permite a los usuarios que usen tecnologías de ayuda poder navegar a través de nuestras visualizaciones de manera secuencial para que puedan preservar el significado y entender lo que se quiere transmitir. Las tablas de datos son un buen ejemplo ya que, si el foco se lee en una ordenación diferente, se pierde el sentido del dato.

El criterio de éxito '2.4.6 Headings and Labels' contempla que el etiquetado sea descriptivo y útil para todos los usuarios. Es necesario que los títulos y partes del contenido estén bien etiquetadas para que los lectores de pantalla sepan transmitirle al usuario dónde se encuentran.

Dentro del principio comprensible, se han seleccionado dos criterios de éxito.

Los criterios de éxito '3.1.1 Language of Page' y '3.1.2 Language of Parts' exigen indicar el idioma tanto de la página como de las partes para que los lectores de pantalla puedan leer el contenido en el idioma correspondiente. Esto es importante ya que muchas visualizaciones se importan de estudios hechos en inglés o datos exportados de plataformas en otros idiomas y tienen el etiquetado, las leyendas y los ejes en un idioma diferente. Tanto lectores de pantalla como otras tecnologías de ayuda se configuran en el idioma del usuario y el hecho de indicar el idioma en el que está nuestro contenido hace que las traducciones sean más rápidas y precisas.

Dentro del principio robusto se ha seleccionado un único criterio de éxito.

El criterio de éxito '4.1.2 Name, Role, Value' va a aplicarse en situaciones en las que el contenido no esté soportado por los estándares de etiquetado actuales. Es decir, cuando creamos e importamos una visualización externa debemos asegurarnos de que se va a poder integrar con las tecnologías de ayuda. Proporcionar información adecuada en el código va a permitir que exista compatibilidad con el resto de las tecnologías. Esto no es necesario cuando utilizamos un código de etiquetado HTML ya que viene integrado y soporta estas tecnologías.

Agrupación de las WCAG 2.2 seleccionadas en bloques comunes

A continuación, se ha procedido a dividir los criterios de éxito de las WCAG 2.2 seleccionadas en bloques con temáticas comunes. En la Tabla 3, se han desglosado los criterios de éxito oficiales y el bloque que se les ha asignado.

Hemos distinguido entre cinco bloques comunes a todas las directrices relevantes en nuestro estudio:

- Texto e idioma
- Etiquetado de elementos y orden
- Color
- Prácticas a evitar
- Movimiento y animaciones

Criterio de éxito	Bloque en común
1.1.1 Non-text Content	Texto e idioma

1.3.1 Info and Relationships	Etiquetado de elementos y orden
1.3.3 Sensory Characteristics	Texto e idioma
1.4.1 Use of Color	Color
1.4.3 Contrast (Minimum)	Texto e idioma
1.4.4 Resize Text	Texto e idioma
1.4.5 Images of Text	Prácticas a evitar
1.4.6 Contrast (Enhanced)	Texto e idioma
1.4.9 Images of Text (No Exception)	Prácticas a evitar
1.4.11 Non text Contrast	Color
1.4.12 Text Spacing	Texto e idioma
2.1.1 Keyboard	Etiquetado de elementos y orden
2.1.2 No Keyboard Trap	Etiquetado de elementos y orden
2.1.3 Keyboard (No Exception)	Etiquetado de elementos y orden
2.2.2 Pause, Stop, Hide	Movimiento y animaciones
2.2.3 No Timing	Prácticas a evitar
2.3.1 Three Flashes or Below Threshold	Movimiento y animaciones
2.3.2 Three Flashes	Movimiento y animaciones
2.3.3 Animation from Interactions	Movimiento y animaciones
2.4.3 Focus Order	Etiquetado de elementos y orden
2.4.6 Headings and Labels	Etiquetado de elementos y orden
3.1.1 Language of Page	Texto e idioma
3.1.2 Language of Parts	Texto e idioma
4.1.2 Name, Role, Value	Etiquetado de elementos y orden

Tabla 3: Recopilación de criterios de éxito de las WCAG 2.2 y el bloque común de estudio que se les ha asignado

Recomendaciones para cada bloque de WCAG 2.2

Una vez las pautas oficiales se han modularizado en temas comunes, se ha procedido a un brainstorming para establecer recomendaciones que compongan la guía de accesibilidad. Las recomendaciones se realizan con la ayuda de las pautas (70) (71) para satisfacer las técnicas de los criterios de éxito de WCAG 2.2.

Recomendaciones para el bloque de texto e idioma

En la Tabla 4, se desglosan las recomendaciones para el bloque dedicado al uso del contenido textual y respectivo al idioma.

Criterio de éxito	Recomendaciones
1.1.1 Non-text Content	Proporcionar alternativas textuales con descripciones breves de todo contenido que no sea textual. Las diferentes maneras de lograrlo son:

	<p>Satisfacer con el atributo 'alt' en HTML, <i>applets</i> o con las opciones de texto alternativo en herramientas de visualizaciones. Cuando los contenidos visuales incluyen palabras o frases relevantes para entender el contenido se tienen que incluir.</p> <p>Usar los atributos 'aria-label', 'aria-labelledby' y 'aria-describedby' y etiqueta '<title>'. 'Aria-labelledby' se utiliza para asociar un elemento con descripciones más largas o detalladas que están presentes en otros elementos de texto en la página, mientras que 'aria-label' se utiliza para proporcionar etiquetas directamente al elemento cuando no hay elementos de texto asociados o cuando se necesita una etiqueta corta y concisa. Un lector de pantalla leería esta etiqueta directamente. Además 'aria-describedby' se usa para proporcionar descripciones adicionales o complementarias para un elemento.</p> <p>Se recomienda utilizar estos atributos también en imágenes SVG (de sus siglas en inglés: Scalable Vector Graphics), en caso de su uso. Cuando es necesario extenderse más allá de la alternativa breve textual ('alt'), se usarán descripciones largas ('longdesc'). Esto también se puede satisfacer en formato de texto cerca de la visualización y ayudaría a un colectivo mayor con discapacidades cognitivas, por ejemplo, y no únicamente a los usuarios de lectores de pantallas.</p> <p>En la descripción breve se tiene que indicar la ubicación de la descripción larga con el atributo 'longdesc'.</p> <p>En caso de importar visualizaciones de terceros, se puede utilizar la técnica de aportar una descripción larga dentro del cuerpo del objeto HTML, poniendo en el atributo 'classid' la implementación de la visualización.</p> <p>Si tenemos un grupo de objetos visuales es posible agrupar la alternativa textual si es válida para el grupo y no se pierde significado. Si alguna visualización o parte de ella actúa también de enlace no es necesario duplicar el texto alternativo de la imagen y del enlace. Esto genera confusión y dificultad para usuarios con lectores de pantalla que reciben las alternativas textuales repetidas.</p> <p>En el caso de visualizaciones externas que se estén importando de terceros, es necesario que tengan una alternativa textual en el método de importación o que los usuarios puedan acceder directamente a estos terceros para adquirir el contenido textual. Si no existe seguridad de que los terceros cumplan los criterios de accesibilidad, deberán ser implementados por quien los esté utilizando.</p> <p>Si las visualizaciones se crean mediante código ASCII art o con emoticonos, también es necesario poner una alternativa textual.</p>
1.3.3 Sensory Characteristics	<p>Cuando tengamos visualizaciones dinámicas o que necesiten de botones para activar movimiento o cambiar las métricas representadas, se tiene que dejar explícitamente mediante texto que estas acciones se pueden realizar. Podemos conservar los botones de acción, pero se tendrá que añadir la descripción de realizar dicha acción por escrito. Para el caso de cambiar de métricas, se tendrá que</p>

	dejar por escrito que el usuario podrá elegir la métrica a visualizar si la selecciona.
1.4.3 Contrast (Minimum)	<p>Se tiene que satisfacer un ratio de contraste del texto con respecto al fondo. Tendremos un ratio para las siguientes casuísticas:</p> <p>Para los textos de al menos 18 puntos estándares o 14 puntos en negrita se exige un ratio mínimo de 3:1. Puede aplicar a títulos de gráficos o encabezados en tablas</p> <p>Para textos menores se exige un ratio 4.5:1. Puede aplicar a ejes de un gráfico, leyendas o celdas de una tabla.</p> <p>Este requerimiento no aplica al texto decorativo , logos o texto sin información relevante.</p> <p>Sin embargo, a continuación, tenemos un criterio similar, aunque más exigente, y es el que se va a tener en cuenta para la guía.</p>
1.4.4 Resize Text	<p>Debemos satisfacer que el texto que aparezca en nuestras visualizaciones pueda ser aumentado en un 200% sin perder ni el contenido ni la funcionalidad. La opción de hacer <i>zoom</i> viene incorporada en diferentes tecnologías. El inconveniente es que no tenemos un control, en la mayoría de las ocasiones, de qué herramienta está usando el usuario.</p> <p>Una de las opciones que tenemos es definir la altura y el ancho de los contenedores en nuestro código en unidades 'em'. Esta unidad va a permitir que no se corte el texto sí se aumenta el tamaño de este.</p> <p>Otra alternativa puede ser incorporar en nuestro contenido una herramienta interna que amplíe y dejar reflejado en el código esta casuística.</p>
1.4.6 Contrast (Enhanced)	<p>Se tiene que satisfacer un ratio de contraste del texto con respecto al fondo. Tendremos un ratio para las siguientes casuísticas:</p> <p>Para los textos de al menos 18 puntos estándares o 14 puntos en negrita se exige un ratio mínimo de 4.5:1 (previamente 3:1)</p> <p>Para textos menores se exige un ratio de 7:1 (previamente 4.5:1)</p> <p>Este requerimiento tampoco aplica al texto decorativo, logos o texto sin información relevante.</p> <p>En muchas ocasiones es recomendable proporcionar un control con una relación de contraste suficiente que permita a los usuarios cambiar a una presentación que utilice suficiente contraste (72). En esta situación sería posible tener una opción con estos contrastes si el usuario selecciona la vista de contraste y en la vista normal sería posible mantener únicamente los requerimientos de contraste del criterio de éxito 1.4.3 (menos exigentes), visto previamente.</p>
1.4.12 Text Spacing	<p>Dejar el espaciado suficiente entre letras, palabras y párrafos para facilitar la lectura. Las recomendaciones oficiales son:</p> <p>La altura de la línea es de al menos 1.5 veces el tamaño de la fuente.</p> <p>El espacio entre párrafos es de al menos 2 veces el tamaño de la fuente.</p> <p>El espacio entre letras es de al menos 0.12 veces el tamaño de la fuente.</p> <p>El espacio entre palabras es de al menos 0.16 veces el tamaño de la fuente.</p>

3.1.1 Language of Page	Usar siempre un atributo de idioma ('lang') en el elemento HTML.
3.1.2 Language of Parts	Si el idioma es diferente al del elemento HTML, indicarlo dentro del elemento diferente con un atributo de idioma ('lang'). Si el idioma de la visualización es el mismo que el resto del elemento HTML, no hace falta volverlo a indicar.

Tabla 4: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de texto e idioma y sus recomendaciones

Recomendaciones para el bloque de color

En la Tabla 5, se desglosan las recomendaciones para el bloque dedicado al uso del contenido en color.

Criterio de éxito	Recomendaciones
1.4.1 Use of Color	<p>Lo más importante de este requerimiento es contemplar que no se usen los colores como manera única de transmitir la información. Esto lo podemos resolver de las siguientes formas:</p> <p>Si tenemos información que se transmite con colores, aseguramos también tenerla de manera escrita, tanto la información como la interpretación del color si tuviese un significado.</p> <p>Si usamos el color para transmitir diferencias, procurar usar un patrón de manera añadida. En el caso de un gráfico de líneas, una manera de resolver este problema exponer diferentes formas en cada línea para poder distinguir las líneas entre sí.</p> <p>Si tenemos enlaces en el contenido de una tabla o detalles de gráficos tendremos que resaltar que es un enlace o un objeto a través del cual podemos navegar. Esto puede hacerse subrayando, cambiando el tipo de fuente o saturación, e indicando mediante texto que es un elemento que permite navegación.</p> <p>En caso de querer conservar los colores: usar un ratio de contraste de 3:1 del texto diferente con respecto al texto restante. Esto es válido también, aunque no sea para cambiar los colores por enlaces. Cuando tenemos textos cercanos en diferentes colores, también debemos imponer el contraste exigido.</p> <p>En la Figura 12 (73), el W3C proporciona un listado de colores que respetan los ratios de contraste con respecto al resto del texto.</p>

	<p>The following 26 web-safe colors pass at 3:1 vs black and 5:1 vs. white</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Color Value</th> <th>Color Swatch</th> <th>Colored Text Sample</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>#CC0000</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#CC0033</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#CC0066</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#CC0099</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#9900CC</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#6600FF</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#9900FF</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#CC3300</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#CC3333</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#993366</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#993399</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#9933CC</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#3333FF</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#6633FF</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#336600</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#666600</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#336633</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#666633</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#006666</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#336666</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#666666</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#006699</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#336699</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#666699</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#0066CC</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> <tr><td>#3366CC</td><td></td><td>The quick brown fox</td></tr> </tbody> </table> <p>Figura 12: Listado de 26 colores que cumplen el ratio de contraste exigido con respecto a textos en color negro y blanco. Fuente: (73)</p>	Color Value	Color Swatch	Colored Text Sample	#CC0000		The quick brown fox	#CC0033		The quick brown fox	#CC0066		The quick brown fox	#CC0099		The quick brown fox	#9900CC		The quick brown fox	#6600FF		The quick brown fox	#9900FF		The quick brown fox	#CC3300		The quick brown fox	#CC3333		The quick brown fox	#993366		The quick brown fox	#993399		The quick brown fox	#9933CC		The quick brown fox	#3333FF		The quick brown fox	#6633FF		The quick brown fox	#336600		The quick brown fox	#666600		The quick brown fox	#336633		The quick brown fox	#666633		The quick brown fox	#006666		The quick brown fox	#336666		The quick brown fox	#666666		The quick brown fox	#006699		The quick brown fox	#336699		The quick brown fox	#666699		The quick brown fox	#0066CC		The quick brown fox	#3366CC		The quick brown fox
Color Value	Color Swatch	Colored Text Sample																																																																																
#CC0000		The quick brown fox																																																																																
#CC0033		The quick brown fox																																																																																
#CC0066		The quick brown fox																																																																																
#CC0099		The quick brown fox																																																																																
#9900CC		The quick brown fox																																																																																
#6600FF		The quick brown fox																																																																																
#9900FF		The quick brown fox																																																																																
#CC3300		The quick brown fox																																																																																
#CC3333		The quick brown fox																																																																																
#993366		The quick brown fox																																																																																
#993399		The quick brown fox																																																																																
#9933CC		The quick brown fox																																																																																
#3333FF		The quick brown fox																																																																																
#6633FF		The quick brown fox																																																																																
#336600		The quick brown fox																																																																																
#666600		The quick brown fox																																																																																
#336633		The quick brown fox																																																																																
#666633		The quick brown fox																																																																																
#006666		The quick brown fox																																																																																
#336666		The quick brown fox																																																																																
#666666		The quick brown fox																																																																																
#006699		The quick brown fox																																																																																
#336699		The quick brown fox																																																																																
#666699		The quick brown fox																																																																																
#0066CC		The quick brown fox																																																																																
#3366CC		The quick brown fox																																																																																
1.4.11 Non text Contrast	<p>Este requerimiento contempla las pautas respectivas a los colores para los contenidos no textuales, como iconos, imágenes, gráficos, mapas, etc. Necesitaremos cumplir los requisitos:</p> <p>Para los iconos que se puedan usar en las visualizaciones se tendrá que contemplar que cumplan un ratio de contraste de 3:1. De manera frecuente, se usan iconos de uno o dos colores, y un fondo de otro color. Todos los colores del interior del icono deben cumplir este ratio con respecto al color exterior. Si el color exterior es un degradado, se tiene que cumplir el ratio con los diferentes tonos del degradado. Las partes que no cumplan con el ratio se asumirán como invisibles.</p> <p>Cuando se tienen gráficos y los colores de los datos se encuentran de manera adyacente, hay que asegurar un ratio mínimo de 3:1. Esto aplica a los gráficos circulares, de barras, mapas, de áreas, entre otros. Para cumplir este requisito, sugerimos dos alternativas.</p> <p>La primera es elegir colores complementarios de manera adyacente. Es decir, coger el color opuesto en la rueda cromática. También serviría alternar entre colores claros y oscuros.</p> <p>La segunda opción es añadir bordes con un color contrario, por ejemplo, o bordes en negro o blanco, dependiendo del color de fondo. En un mapa podríamos usar un mismo borde grueso de un color</p>																																																																																	

	<p>diferente a todos los que esté usando el propio mapa y delimitar todas las zonas sensibles.</p> <p>Incluir etiquetas de datos para identificar que representa cada color o elemento visual. Se pueden incluir dentro del elemento visual si este permite el contraste y legibilidad. También es posible añadirlo en el exterior con alguna señalización al elemento que representa. En ambas situaciones, debe existir un ratio de contraste de 4.5:1 con respecto al fondo del texto.</p>
--	---

Tabla 5: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de color y sus recomendaciones

Recomendaciones para el bloque de etiquetado de elementos y orden

En la Tabla 6, se desglosan las recomendaciones para el bloque dedicado al uso del etiquetado de los elementos y su ordenación.

Criterio de éxito	Recomendaciones
1.3.1 Info and Relationships	<p>Se va a estudiar el caso más extremo y común actualmente, el cual contempla que las tecnologías que usan los usuarios no saben asociar los tipos de elementos de nuestras visualizaciones.</p> <p>Este requerimiento exige un correcto etiquetado semántico de los elementos. Las visualizaciones sí incluirán de manera general dentro del '<main>'¹² del HTML. Habrá que identificar posteriormente si incluirlas dentro de una sección('<section>') o dentro de una región para navegar('<nav>').</p> <p>Una vez elegido el elemento padre en el que va nuestra visualización, recomendamos poner un elemento '<caption>' o '<figcaption>' si está dentro de un elemento de tipología de figura('figure'). En la primera parte pondremos el título de la visualización. En estos elementos es posible poner mediante texto información relevante de la visualización como puede ser un contexto general para ubicar a los usuarios.</p> <p>Las leyendas se ponen en formato de texto. Siguiendo las recomendaciones del apartado anterior respectivas al color, se tendrán que incluir la forma o tipo de figura que se utiliza para separar los elementos de la leyenda. Por ejemplo, sí además de los colores</p>

¹² El elemento '<main>' representa el contenido dominante del documento HTML.

	<p>para diferenciar se han utilizado formas como triángulos, cuadrados o demás, se tendrá que reflejar esta información adicional en la leyenda.</p> <p>En el caso de tener gráficos con datos numéricos con cierto margen de error, es conveniente precisar el margen de error en el elemento '<code><caption></code>'.</p> <p>Los ejes y las unidades se ponen en formato de texto. Las variables categóricas pueden no tener unidades, como, por ejemplo, valores que solo pueden tener respuestas cerradas (sí/no).</p> <p>Existen visualizaciones con elementos predefinidos como es el caso de las tablas.</p> <p>No es suficiente con definir en una hoja de estilos que existan bordes entre las diferentes celdas, sino que vamos a tener que introducir los elementos de las celdas en sus correspondientes elementos semánticos. Para esto usaremos los siguientes elementos: '<code><table></code>' para definir la tabla, '<code><th></code>' para definir encabezados de columnas, '<code><tr></code>' para definir las filas, y '<code><td></code>' HD para definir los datos.</p>
<p>2.1.1 Keyboard</p> <p>2.1.3 Keyboard (No Exception)</p> <p>2.1.2 No Keyboard Trap</p>	<p>La gran mayoría de problemas que contemplan estos requerimientos de teclado, se van a resolver una vez etiquetemos todos los elementos. Los usuarios que navegan con el teclado van saltando entre los elementos definidos. Para cumplir estos requerimientos, se tiene que hacer un buen uso del etiquetado, del tabulado y del orden entre los elementos. Aunque algún elemento visualmente se sitúe en un orden concreto, si luego el orden de los elementos en el código HTML no es el mismo, el teclado lo recorrerá de manera diferente.</p> <p>La recomendación es leer la parte del código de las visualizaciones y verificar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los elementos están correctamente etiquetados. - Las etiquetas tienen apertura y cierre. - El orden en el código permite entender el contenido. <p>El requerimiento 2.1.2 contempla que el usuario pueda salir del tipo de navegación de teclado cuando éste lo desee. Para este requerimiento recomendamos definir un comando de teclado que permita al usuario salir de donde esté, y le lleve al recorrido del nivel más alto del contenido. Esto es muy útil cuando un usuario recorre las</p>

	<p>celdas de una tabla o las diferentes partes de un gráfico circular. Si el usuario quiere salir, podrá hacerlo mediante el comando que se haya implementado. Además, se tiene que avisar al usuario de dicho comando en algún momento, ya sea al principio de la página web, o previamente a recorrer la visualización.</p>
<p>2.4.3 Focus Order</p>	<p>Este requerimiento está muy relacionado con el anterior. La intención de ambos es que el usuario pueda acceder al contenido con teclado o la tecnología que use, y pueda lograr entender el contenido. Esto se logra tratando el orden de los elementos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda el uso del atributo 'tabindex' de manera explícita para controlar el orden de tabulación de los elementos en las visualizaciones. Se tienen que asignar valores positivos o negativos según sea necesario para asegurar un orden lógico. - El orden de tabulación debe permanecer consistente y predecible. - La mejor recomendación tanto para este criterio como los anteriores de teclado se basan en probar. Testear manualmente este tipo de navegación y analizar si se sigue un orden lógico y coherente. - Existen herramientas gratuitas online que analizan el DOM (de sus siglas en inglés: Document Object Model) de nuestro código HTML. El DOM es una representación jerárquica en forma de árbol de la estructura de un documento HTML/XML que permite acceder y manipular los elementos y contenidos de una página web mediante código JavaScript. Si el contenido está mal estructurado en el DOM, probablemente la lectura para un usuario de teclado o de lector de pantallas no seguirá el orden correcto. - Documentar el orden de tabulación de los elementos en tu página web y comunica esta información a los usuarios, especialmente aquellos que dependen de la navegación por teclado. Proporcionar información clara y concisa ayuda a mejorar la experiencia de usuario. <p>No tiene el mismo significado recorrer una tabla sin seguir un orden que siguiéndolo. Probablemente, un usuario que no tenga discapacidad visual o cognitiva, si podrá entender el contenido, aunque lea las filas en un orden diferente, pero una persona con un lector de pantallas, no lo hará.</p> <p>En los gráficos va a suceder lo mismo. Supongamos un gráfico de barras representando tipos de vehículos y cantidades que se han vendido de cada uno de ellos. Lo conveniente sería recibir la</p>

	<p>información en el siguiente orden: “camiones: 40, turismos: 300, motocicletas: 180, autobuses: 13”. Por el contrario, si no se identifica correctamente el orden de los elementos el usuario podrá escuchar la siguiente información:” camiones, turismos, motocicletas, autobuses, 40, 300, 180, 13”.</p>
<p>2.4.6 Headings and Labels</p>	<p>Este requerimiento contempla que los encabezados y las etiquetas de contenidos sean lo más descriptivas posible. Por ejemplo, si utilizamos un mapa de contenido en el que el usuario puede ampliar el tamaño, se tendrán que especificar que comandos o teclas hacen que esto suceda.</p> <p>Otro ejemplo más común, es tener visualizaciones con diferentes métricas a elegir. El usuario tiene que ser consciente mediante alguna instrucción de que va a poder elegir o cambiar la métrica, o visualizar varias simultáneamente, si esto algo que se ha contemplado.</p> <p>Sí nuestra visualización se encuentra en una sección, se tendrá que garantizar que el nombre de la sección o encabezado sea descriptivo.</p> <p>Para esto se recomienda utilizar encabezados semánticos como elementos HTML (<h1>, <h2>, <h3>, etc.) para marcar la jerarquía y estructura de los encabezados. Se debe asegurar de que los encabezados reflejen correctamente la estructura de la información y el contenido. Los encabezados no son solo para cambiar el tamaño o el estilo del texto.</p>
<p>4.1.2 Name, Role, Value</p>	<p>Este criterio de éxito se refiere a la necesidad de que los elementos de las visualizaciones tengan nombres, roles y valores adecuados para que los usuarios puedan entender y operar correctamente el contenido web. Las recomendaciones para cumplir con esto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asignar nombres descriptivos a los elementos que indiquen claramente su función o propósito. Sobre todo, en el caso de tener mapas sensibles que conforman enlaces, o botones para visualizar diferentes métricas o grupos de datos. - Proporcionar roles semánticos adecuados a los elementos HTML (por ejemplo, '<button>', '<link>', '<input>', '<select>', etc.) para indicar la función de cada elemento interactivo. - Utilizar atributos ARIA cuando sea necesario. Por ejemplo, visto previamente, 'aria-label' para proporcionar etiquetas explícitas cuando el texto visible es insuficiente. - Realizar pruebas de accesibilidad con herramientas de evaluación de accesibilidad. - Documentar adecuadamente la interfaz de usuario

	Proporciona documentación clara sobre la interfaz de usuario, incluyendo una lista de nombres, roles y valores de elementos interactivos. Esto puede ser útil para los desarrolladores y evaluadores de accesibilidad.
--	--

Tabla 6: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de etiquetado de elementos y orden y sus recomendaciones

Recomendaciones para el bloque de movimiento y animaciones

En la Tabla 7, se desglosan las recomendaciones para el bloque dedicado al uso del contenido con movimiento o dinamismo y a las animaciones.

Criterio de éxito	Recomendaciones
2.2.2 Pause, Stop, Hide	<p>Este requerimiento nos exige que para las visualizaciones dinámicas o con necesidad de hacer <i>scroll</i>, vamos a necesitar un mecanismo que nos permita pausar y reanudar esta transición. También es necesario que cuando existan animaciones de este tipo, sea el usuario quien las pueda ejecutar/ iniciar cuando esté preparado. Al ser visualizaciones con mucha información, serán probablemente imprescindibles descripciones largas, vistas anteriormente. Además, aconsejamos incluir un texto explicando HD el contexto y las diferentes transiciones que recorre la visualización para el entendimiento de todas las personas.</p> <p>Para las situaciones en las que existe un <i>scroll</i> considerable, que definimos como, el doble de lo que se puede mostrar de una simple pantalla, recomendamos hacer un breve resumen mediante texto de los datos y de su tamaño. Esto va a ser muy útil para personas con lectores de pantalla. Permite conocer la magnitud de la visualización y así no recorrerla sin saber cuándo acabará. Esta información también puede ser dada en el título de la visualización, por ejemplo, 'Listado de los 30 países con mayor tasa de desempleo en personas jóvenes'. Ahora el usuario ya conoce que va a recorrer 30 etiquetas de datos diferentes.</p> <p>Además, el usuario tiene que permitir que la visualización siga teniendo un <i>scroll</i> a los siguientes datos. Esto lo podemos conseguir mostrando una cantidad inferior de datos y al final, un botón de acción a iniciar por el usuario para desplegar los siguientes datos.</p>

	<p>Cuando se trate de una tabla o visualización con gran cantidad de detalle, puede ser muy interesante mantener una visualización que sintetice los datos mediante agrupaciones, por ejemplo. Y, además, añadir la posibilidad de acceder al detalle siguiendo un enlace que nos lleve al global de la tabla o de la visualización. Esto permite que el usuario decida si quiere conocer el detalle</p>
<p>2.3.1 Three Flashes or Below Threshold</p> <p>2.3.2 Three Flashes</p>	<p>Estos criterios van a afectar a las visualizaciones que tengan transiciones de colores parpadeantes o <i>flashes</i>. Esto va a ayudar a las personas con epilepsia fotosensible y a personas con fotosensibilidad luminosa.</p> <p>La diferencia que hay entre criterios es el nivel de exigencia con respecto al área de pantalla que ocupan los <i>flashes</i>.</p> <p>Estos criterios prohíben la utilización de más de 3 <i>flashes</i> en el margen de 1 segundo de tiempo.</p> <p>Un caso común de uso de esta técnica puede ser cuando por ejemplo queremos resaltar un valor que está por encima o debajo a un margen de referencia. A veces, se tiende a hacer parpadear estos valores para que llamen la atención de los usuarios. Si se quiere conservar esta técnica, será posible si en un segundo, el componente o valor realiza 3 o menos transiciones. Una manera de evitar estos <i>flashes</i> puede ser cambiando la tipografía, tamaño, utilizando la negrita, o incluso creando un borde especialmente grueso. También es posible añadir tipografías o formas cerca de los valores a resaltar, explicando que se trata de anomalías o valores atípicos. Hay que tener en cuenta que si estos <i>flashes</i> no son decorativos, una persona con lector de pantalla va a tener que recibir esa información que estamos representando mediante alteraciones de colores, transiciones de <i>flashes</i>, o formas especiales cerca de los datos.</p>
<p>2.3.3 Animation from Interactions</p>	<p>Este requerimiento va a ser de gran utilidad para tecnologías que utilicen hojas de estilo CSS.</p> <p>El objetivo de este criterio es prevenir que las acciones del usuario repercutan en una animación del contenido y este pueda verse saturado. Especialmente, los usuarios con trastorno del movimiento vestibular y usuarios con lectores de pantalla van a verse beneficiados con este criterio. Se tendrá que aplicar en nuestra hoja de estilos la característica ‘<i>prefers-reduced-motion</i>’.</p> <p>Aconsejamos únicamente preservar las animaciones que sean meramente decorativas o imprescindibles en las visualizaciones.</p>

	<p>Cuando se trate algo imprescindible tendremos que avisar al usuario y explicar el significado, y cuando no lo sea, es preferible quitarlas.</p> <p>Si se habla de dinamismo en visualizaciones debido a actualizaciones de datos dinámicas, se tiene que usar el atributo 'aria-live'. Este atributo avisa a los lectores de pantalla de los cambios en el contenido. Puede tener tres valores según cómo se quiere anunciar las actualizaciones: 'off' para que no se anuncien, 'polite' para que se anuncien cuando el lector acabe de leer la página, o 'assertive' para que se anuncien inmediatamente, aunque esto interrumpa la lectura.</p>
--	---

Tabla 7: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de movimiento y animaciones y sus recomendaciones

Recomendaciones para el bloque de prácticas a evitar

En la Tabla 8, se desglosan las recomendaciones para el bloque dedicado a las practicas a evitar en la medida de lo posible.

Criterio de éxito	Recomendaciones
1.4.5 Images of Text	<p>Por norma general, se tratarán de evitar todo tipo de contenido de imágenes con texto que usemos en las visualizaciones. Se puede usar en su lugar, el texto decorado de la manera que más se asemeje a lo que había previamente. Para editarlo es posible realizar los cambios en el CSS, editando la fuente, el espaciado y el tamaño. También podemos ajustar la estructura del texto desde el HTML.</p>
1.4.9 Images of Text (No Exception)	<p>Aconsejamos únicamente conservar imágenes estrictamente necesarias en las visualizaciones como pueden ser los logos, el resto de las imágenes, pueden añadirse mediante texto al exterior de las visualizaciones.</p> <p>La diferencia que hay entre criterios es el nivel de exigencia con respecto a las imágenes de texto.</p>
2.2.3 No Timing	<p>Las visualizaciones de datos pueden ser complejas de entender y leer por parte de un gran número de usuarios. Por este motivo, no se crearán con un límite de tiempo. Si las visualizaciones son dinámicas, se permitirá a los usuarios pausar el contenido, e incluso, iniciarlo.</p>

Tabla 8: Criterios de éxito WCAG 2.2 clasificados en el bloque de prácticas a evitar y sus recomendaciones

Recomendaciones generales

En este apartado, se van a tratar recomendaciones a nivel general en las visualizaciones. Las recomendaciones previas se basan en criterios más técnicos especificados por la normativa del W3C. Podría decirse que son recomendaciones al nivel de la capa más baja de acción: el código.

Ahora bien, existen muchas maneras de ofrecer un contenido visual más accesible. Se va a tratar de explicar de una manera más abstracta a una más específica. También, se recuerda que la situación ideal es implementar desde el inicio del proyecto la accesibilidad. Tratar de convertir el contenido en accesible cuando ya está finalizado, va a aumentar el esfuerzo y complicaciones a lo largo del desarrollo. Pese a que es más costoso, suele ser la situación más común.

En primer lugar, se listan los conceptos más relevantes a considerar a la hora de desarrollar visualizaciones.

1. Simplificar
2. Proporcionar contexto
3. Definir la estructura
4. Aportar valor mediante datos fiables y precisos
5. Facilitar comparaciones entre datos
6. Flexibilidad con el usuario

A continuación, se van a desglosar estos conceptos y por qué son la base de la guía de visualizaciones accesibles.

Simplificar

En este apartado, se tiene que recordar que desarrollar visualizaciones es un arte. Conlleva imaginación acompañada de conocimiento para transmitir de la manera más adecuada la información. Esta expresión más artística, puede llevarnos a cometer errores, sobre todo si nos centramos en el aspecto de la accesibilidad. Como desarrolladores, es primordial conocer que existe una balanza entre la estética y la accesibilidad. La manera en la que se desarrolla, hoy en día, contenido visual de manera estética, va a tener un fuerte choque con el respeto de las pautas de accesibilidad. En esta ecuación, va a ser necesario incluir el concepto de simplificar. Con esto lo que se quiere decir, es que es posible mantener la estética, pero dista mucho de la necesidad de transmitir o sobrecargar las visualizaciones con demasiada información. Por eso la recomendación es de enfocarse en transmitir la información de manera clara y concisa. Se pretende evitar elementos innecesarios que puedan distraer o sobrecargar al usuario. Recomendamos no intentar englobar toda la información en una única visualización. En estos casos, es incluso recomendable utilizar varias. En ese momento, también identificaremos la información que no merecía la pena y únicamente estaba sobrecargando al usuario. Otra

manera de simplificar es agrupar la información. A la hora de seleccionar los grupos, también nos daremos cuenta de información que no merece la pena mostrar. Muchas veces es necesario mostrar más detalles, y para ello podemos recurrir al uso de tablas que complementen nuestras visualizaciones.

Además de cubrir los requerimientos de accesibilidad, el hecho de simplificar va a promover que nuestras visualizaciones cumplan mejor su función, que sean más legibles, que se entiendan más rápido y por un mayor número de personas.

Proporcionar contexto

Proporcionar contexto a las visualizaciones es crucial para desarrollar visualizaciones accesibles por varias razones importantes.

El contexto ayuda a todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades, a entender la información presentada en la visualización. Sin un contexto claro, la información puede ser confusa o incompleta. Además, incluir el contexto proporciona pistas visuales y textuales que ayudan a las personas con discapacidades cognitivas o de aprendizaje a procesar y comprender mejor la información. Los lectores de pantalla utilizados por personas ciegas o con discapacidades visuales dependen en gran medida del contexto adecuado para describir las visualizaciones de datos de manera significativa.

La recomendación es añadir descripciones, títulos y leyendas que expliquen el propósito y el significado de la visualización. Incluir en las leyendas la explicación de los colores utilizados para representar datos específicos, en caso de haber sido elegidos con un propósito informativo.

Existen herramientas en pleno desarrollo que, mediante inteligencia artificial, proporcionan descripciones de imágenes y gráficos. Se irá viendo con más frecuencia en los próximos meses y años por venir.

Definir la estructura

Esta recomendación viene muy relacionada con el apartado de recomendaciones del bloque de etiquetado de los elementos. Por una parte, está ARIA y por otra, las propias etiquetas implementadas en herramientas de visualizaciones de datos. Cuando creas visualizaciones, existe la opción de añadir texto alternativo, descripciones y toda la información respectiva a ejes, títulos, leyendas, etc.

El uso de ARIA en caso de web y del etiquetado en caso de aplicaciones de desarrollo de visualizaciones permite que las visualizaciones sean interpretadas correctamente por

tecnologías de asistencia, como lectores de pantalla. Esto va a permitir a usuarios con discapacidades acceder y comprender la información presentada.

Añadir atributos de ARIA y el etiquetado adecuado proporciona información adicional sobre la estructura y la funcionalidad de la visualización, lo que mejora la claridad y la comprensión de la información para todos los usuarios. Además, permite definir correctamente la interacción dentro de la visualización, como áreas seleccionables, elementos activos o cambios dinámicos, lo que facilita una experiencia interactiva más accesible.

Por ejemplo, para un gráfico o mapa sensible, utiliza atributos ARIA para describir las áreas seleccionadas y las relaciones entre los elementos de la visualización.

Aportar valor mediante datos fiables y precisos

Los datos precisos y fiables permiten que los usuarios tomen decisiones informadas basadas en información confiable y actualizada. Proporcionar datos precisos aumenta la confianza del usuario en la visualización y en la información presentada, lo que mejora la credibilidad y la utilidad de la visualización. La exactitud en los datos garantiza que los análisis o conclusiones basadas en la visualización sean precisos y válidos.

Para aportar valor con datos fiables y precisos recomendamos hacer un proceso de validación y control para detectar errores o inconsistencias en los datos. Cuando sea posible debido a la confidencialidad, presenta los datos de manera transparente y evita manipularlos para crear impresiones engañosas o sesgadas. La integridad de los datos es fundamental para la credibilidad de la visualización. Cuando necesiten transformaciones, es conveniente indicarlo. También, se recomienda actualizar regularmente los datos presentados en la visualización para reflejar información actual y aportar utilidad. Esto conlleva, a dejar por escrito la fecha de extracción de los datos, en la parte donde se describa la visualización, por ejemplo.

Facilitar comparaciones entre datos

Es importante facilitar comparaciones entre valores de datos en el diseño de visualizaciones por varias razones clave. Las comparaciones efectivas entre valores permiten a los usuarios comprender la relación y la diferencia entre diferentes conjuntos de datos de manera clara y concisa. Las visualizaciones que facilitan comparaciones ayudan a los usuarios a tomar decisiones más acertadas al identificar patrones, tendencias o disparidades significativas en los datos. Además, permitir comparaciones visuales, promueve una interpretación más precisa de los datos, lo que contribuye a una comprensión más profunda de la información presentada.

Para lograr facilitar comparaciones entre valores de datos en el diseño de visualizaciones, se propone implementar las siguientes recomendaciones:

- En primer lugar y más importante, es necesario apostar en legibilidad. Hacer un esfuerzo en que las visualizaciones sean lo más legibles posible, va a reducir el desarrollo añadido a posterior.

- Utilizar escalas consistentes. Las escalas utilizadas en los ejes de la visualización han de ser coherentes y proporcionales. Esto permite comparaciones precisas entre diferentes elementos o categorías representadas. Recomendamos empezar las escalas con el valor 0 cuando se representan valores numéricos. En su defecto, empezar con el mismo valor en todas las visualizaciones con fines de comparación. Etiquetar adecuadamente los ejes con unidades de medida y descripciones claras para que los usuarios comprendan qué están viendo y puedan realizar comparaciones significativas.
- Utilizar códigos visuales consistentes. Procurar emplear colores, formas o estilos visuales coherentes para representar categorías o grupos de datos similares. Esto facilita la asociación y comparación visual entre elementos. En un mismo informe con diversas visualizaciones, se deberían usar las mismas formas, colores y distinciones en todas las visualizaciones. Si representamos un grupo 'A' mediante rombos azules, repetiremos el mismo patrón en el resto de las visualizaciones que contengan el grupo 'A'.
- Proporcionar herramientas interactivas. Implementar funciones interactivas, como filtros o herramientas de *zoom*, permitirá que los usuarios exploren y comparen datos específicos de manera más detallada.

Flexibilidad con el usuario

La flexibilidad en el diseño de visualizaciones de datos es importante por varias razones y puede lograrse implementando prácticas específicas. La recomendación más trivial es permitir que los usuarios personalicen las visualizaciones según sus necesidades específicas. Esto mejorará la experiencia general y la utilidad de la visualización. Al proporcionar opciones de personalización, se facilita a los usuarios la exploración y comprensión de los datos de manera más efectiva y eficiente.

Para lograr esta flexibilidad recomendamos implementar controles interactivos que permitan a los usuarios ajustar la escala, filtrar datos o cambiar la representación gráfica según sus preferencias. Por ejemplo, una tabla dinámica con funciones de ordenamiento, filtrado y selección de columnas. También se pueden brindar opciones para que los usuarios elijan entre diferentes tipos de gráficos, colores, tamaños de fuente y estilos de etiquetado.

En último lugar, recomendamos implementar una vista extra en la que se tenga la misma información, pero con todos los criterios de accesibilidad. Lo que viene a conformar una alternativa accesible completa. Muchos sitios web ofrecen vistas alternativas variadas: para personas ciegas, para personas daltónicas, para personas disléxicas, etc.

Estado de la accesibilidad actual en casos reales mediante el uso de la guía de accesibilidad.

Se van a presentar casos reales de problemas de accesibilidad en webs vigentes y con contenido público hasta la fecha de abril de 2024.

Ejemplo portal de Sanidad de la Comunidad Valenciana

En este primer ejemplo, se van a comentar ciertos problemas que afectan a una página web de la Conselleria de Sanidad de la Generalitat Valenciana, en concreto, lo que respecta la Figura 13. Esta figura muestra una de las tarjetas de las ocho existentes en formato carrusel. El primer aspecto y más importante es que estas visualizaciones en forma de tarjeta se han añadido en la web en formato de imagen. Fallan los criterios '1.1.1 Non-text Content', '1.4.5 Images of Text', y '1.4.9 Images of Text (No Exception)'. Además, el texto alternativo coincide con el título, lo que no aporta información extra, si no que se está repitiendo el contenido. Tampoco hay etiquetados de ARIA. Los usuarios con lectores de pantalla no podrán acceder a estos datos. Al tratarse de una imagen, al querer ampliar el contenido, se perderá calidad de imagen y la resolución se verá afectada. Falla el criterio '1.4.4 Resize Text'. Otro aspecto es que las ocho visualizaciones van apareciendo en forma de carrusel cada cuatro segundos sin posibilidad de parar la transición. Fallan los criterios '2.2.2 Pause, Stop, Hide' y '2.2.3 No Timing'. Los usuarios necesitan tiempo para procesar la información.

Como último aspecto a destacar, los colores utilizados no cumplen los contrastes mínimos. Se han evaluado mediante la herramienta online WebAIM los textos blancos sobre los fondos rosáceos más claros tienen un contraste de 2.05:1. Fallan los criterios '1.4.3 Contrast (Minimum)' y '1.4.6 Contrast (Enhanced)'.



The screenshot shows a website interface for 'Urgencias y Emergencias extrahospitalarias' with a '2022 en cifras' carousel slide. The slide contains a table with the following data:

Tipos de recursos de emergencias		Total 2022
Centros de información y Coordinación de Urgencias (CICU)		3
Unidades SAMU		50
Unidades de soporte vital básico (SVB)		109
Unidades de transporte no asistido (TNA)		405
Helicópteros medicalizados		2
Vehículos de intervención rápida (VIR)		3
Vehículos especiales de catástrofes		3
Vehículos de atención domiciliaria		33
SVA Enfermería		3

Figura 13: Ejemplo de falta de accesibilidad en la web de la Conselleria de Sanidad de la Generalitat Valenciana. Fuente: (74).

Ejemplo web del Servicio Madrileño de Salud (SERMAS)

En este ejemplo, se van a comentar ciertos problemas que afectan a una página web del servicio de Salud de Madrid, en concreto, lo que respecta a la Figura 14. Esta figura muestra una de las visualizaciones de esta web. En esta situación, se vuelven a añadir las visualizaciones en formato de imagen. Fallan los criterios '1.1.1 Non-text Content', '1.4.5 Images of Text', y '1.4.9 Images of Text (No Exception)'. Además, el texto alternativo ("alt="Imagen gráfico donantes por edad y sexo 2021-2023"") coincide con el atributo del título, lo que no aporta información extra, si no que se está repitiendo el contenido. Sin embargo, no es el mismo título que se puede leer en la parte superior de la figura, los años no coinciden. En el título visible de la imagen hay una abreviatura, se ve una 'x' sustituyendo la palabra 'por', lo que conforma un fallo en el criterio '3.1.4 Abbreviations'. La palabra 'Donates' está ortográficamente mal escrita, por lo que falla el criterio '3.1.3 Unusual Words', que trata la legibilidad. Tampoco hay etiquetados de ARIA. Los usuarios con lectores de pantalla no podrán acceder a estos datos. Al tratarse de una imagen, al querer ampliar el contenido, se perderá calidad de imagen y la resolución se verá afectada. Falla el criterio '1.4.4 Resize Text'.

Como último aspecto a destacar, los colores utilizados no cumplen los contrastes mínimos. Se han evaluado mediante la herramienta online WebAIM los tonos azules de las barras verticales y tienen un contraste de 1.6:1. Falla el criterio '1.4.11 Non text Contrast'.



Figura 14: Ejemplo de falta de accesibilidad en un gráfico de barras en la web del servicio de Salud de la Comunidad de Madrid. Fuente: (75).

Ejemplo web del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII)

El sitio web incluye un servidor interactivo de información epidemiológica (ARIADNA). Como su nombre indica, es interactivo debido a que la selección de filtros y rangos temporales es decisión del usuario. Se va a evaluar la accesibilidad de la web (76) de la mortalidad provincial, en concreto, el mapa de la Figura 15. La información se presenta con mapas, histogramas y los datos desglosados. En primera instancia, el mapa se ha añadido en la web en formato de imagen. Fallan los criterios '1.1.1 Non-text Content', '1.4.5 Images of Text', y '1.4.9 Images of Text (No Exception)'. Además, carece de texto alternativo, ni atributos ARIA y el título es una concatenación de tres filtros, de los cuatro seleccionados, falta el indicador que se muestra, lo que no lo hace muy descriptivo. Falla el criterio '2.4.6 Headings and Labels'. Los usuarios con lectores de pantalla no podrán acceder a estos datos con este nivel de abstracción. El servidor cuenta con una pestaña en la que se puede buscar el valor del indicador si se aplican los mismos filtros. Al tratarse de una imagen, al querer ampliar el contenido, se perderá calidad de imagen y la resolución se verá afectada. Falla el criterio '1.4.4 Resize Text'. En este caso, se está utilizando una técnica de bordes entre provincias que cumple el criterio '1.4.11 Non text Contrast' en la mayoría del mapa, pero no en su totalidad, el verde y el rojo más intensos no cumplirían. Además, dentro de la escala de colores seleccionados, los que se encuentran en los extremos son complicados de distinguir (los dos más verdes, y los dos más rojos). Aquí, el color es el único método de transmitir información, tanto en el mapa como en su leyenda. Los usuarios que no reconozcan un color, no lo harán tampoco con una leyenda con el mismo color. Podría añadirse un estampado o textura. Falla el criterio '1.4.1 Use of Color'. Esto va a resultar problemático para ciertos usuarios con problemas de colores y usuarios daltónicos.

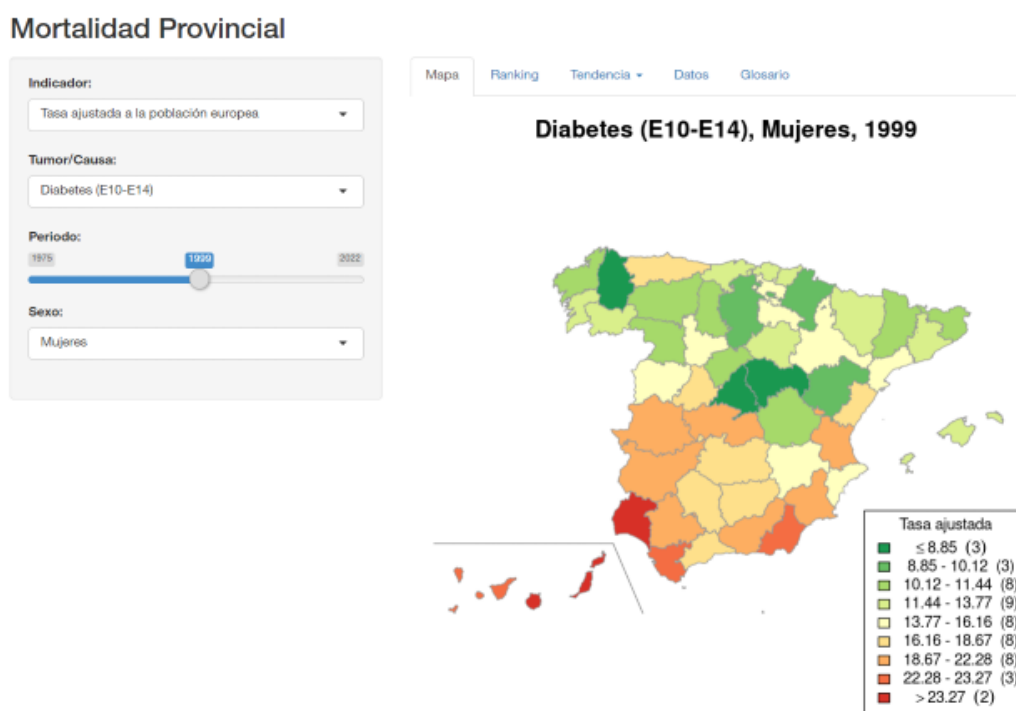


Figura 15: Ejemplo de visualización poco accesible de la web interactiva de mortalidad del ICIII. Fuente: (76).

Ejemplo web del Ministerio de Sanidad

En este ejemplo, se van a comentar ciertos problemas que afectan a una página web del Ministerio de Sanidad, en concreto, lo que respecta a la Figura 16. Esta figura muestra la totalidad de la web, es decir, que no hay más información a parte de esta tabla insertada. La tabla se inserta en formato de imagen. Fallan los criterios '1.1.1 Non-text Content', '1.4.5 Images of Text', y '1.4.9 Images of Text (No Exception)'. Además, no tiene texto alternativo. Sin embargo, existe un etiquetado de ARIA: "aria-hidden="true"". Este elemento esconde el contenido a las tecnologías de apoyo, sin esconderlo de manera visual. Es conveniente usarlo para imágenes decorativas y logos. Visto el contenido de la tabla, es evidente que el contenido no debería pasar desapercibido, ya que se explican los efectos en cuestión de salud de las exposiciones a diversas sustancias, a las que, de hecho, estamos expuestos a diario prácticamente. Además, la web no aporta ningún tipo de información añadida a la tabla, lo que hace cuestionable que la tabla no sea meramente decorativa. Los usuarios con lectores de pantalla no podrán acceder a estos datos. Al tratarse de una imagen, al querer ampliar el contenido, se perderá calidad de imagen y la resolución se verá afectada. Falla el criterio '1.4.4 Resize Text'. El etiquetado de la imagen no aporta el título de la tabla, por lo que falla el criterio '2.4.6 Headings and Labels'. Los criterios respectivos al etiquetado ('1.3.1 Info and Relationships', '2.1.1 Keyboard', '2.1.3 Keyboard (No Exception)', '2.1.2 No Keyboard Trap') fallan siempre y cuando se utilicen imágenes. Como aspecto positivo, el contraste entre el resaltado del encabezado y el texto es de 7.87:1 por lo que cumple los criterios de contraste.

Quiénes somos

Principales efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica

Efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica en función del tiempo de exposición

Sustancia	Exposición		
	Corta	Larga	
Partículas	PM ₁₀	Mortalidad, morbilidad, efectos adversos para la salud respiratoria y cardiovascular; mortalidad prematura; incremento de ingresos hospitalarios; EPOC, asma, todas las enfermedades respiratorias; enfermedades cardiovasculares	Mortalidad, morbilidad, enfermedades respiratorias
	PM _{2.5}	Mortalidad y morbilidad	Mortalidad, morbilidad, mortalidad y morbilidad cardiovascular, efectos psicológicos y mecanismos biológicos plausibles con mortalidad y morbilidad; aterosclerosis, resultados adversos en el nacimiento, enfermedades respiratorias en la infancia, neurodesarrollo y funciones cognitivas, diabetes, bronquitis, cáncer de pulmón
	Partículas ultrafinas	Enfermedades cardiovasculares, y del sistema nervioso central	-
	Carbón negro	Efectos sobre la salud a nivel cardiovascular, mortalidad prematura	Efectos sobre la salud a nivel cardiovascular, mortalidad prematura
Ozono	Mortalidad, morbilidad, mortalidad y morbilidad respiratoria y cardiovascular; trastornos pulmonares y vasculares; mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, ingresos	Mortalidad, morbilidad respiratoria y cardiovascular, mortalidad en personas sensibles (enfermedad obstructiva pulmonar crónica, diabetes, insuficiencia cardíaca congestiva, infarto de miocardio), asma, lesiones crónicas y cambios espontáneos en las vías respiratorias, trastornos en el desarrollo cerebral, trastornos en la	

Figura 16: Ejemplo de tabla no accesible del Ministerio de Sanidad acerca de los principales efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica. Fuente: (77).

Implementación: toma de decisiones y desarrollo de visualizaciones accesibles en la Web.

Implementación en página web

En este apartado se van a desarrollar las técnicas utilizadas en la implementación¹³ de un ejemplo web con visualizaciones accesibles. En concreto, se va a comentar la implementación de un código HTML, CSS y JavaScript. Los datos utilizados son ficticios.

El conjunto de códigos proporciona una interfaz web accesible que permite visualizar datos de habitantes con ceguera total en la Comunidad Valenciana a través de un gráfico de barras interactivo y una tabla con los datos. El gráfico se ha implementado haciendo uso de la librería Chart.js con versión v4.4.3¹⁴. La página web incluye varias opciones de temas para mejorar la accesibilidad, un botón para mostrar u ocultar una tabla de datos detallados, y asegura la conformidad con las directrices de accesibilidad web. Se han implementado cuatro temas diferentes. Se puede hacer un tema para cada tipo de discapacidad y necesidades, pero en este caso se ha decidido reducirlos a los cuatro más comunes:

- Un tema claro por defecto, que vemos en la Figura 17.
- Un tema oscuro o de alto contraste, en la Figura 18.
- Un tema para daltonismo total o acromatopsia, en la Figura 19.
- Un tema para daltonismo de tipo deuteranopia, en la Figura 20.

¹³ El código fuente se ha publicado en GitHub y se puede acceder de manera pública (disponible en: <https://github.com/acv51/Accessibility.git>).

¹⁴ La librería Chart.js ofrece una gran variedad y opciones para el diseño de gráficos (disponible en: <https://www.chartjs.org/>)

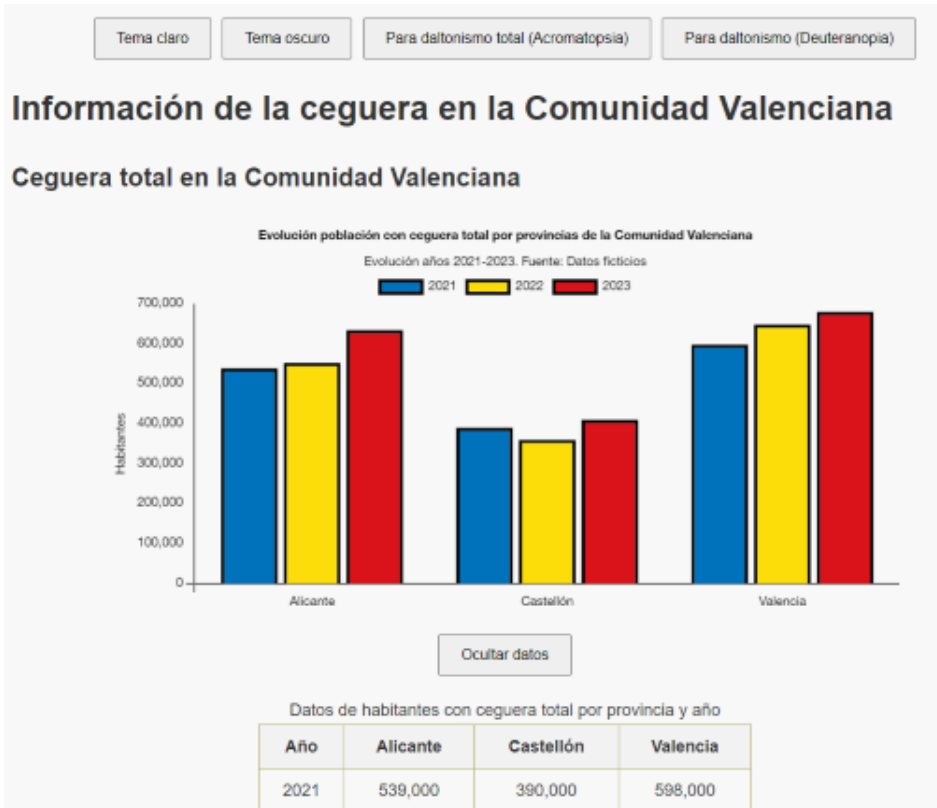


Figura 17: Página implementada en HTML con un tema claro.

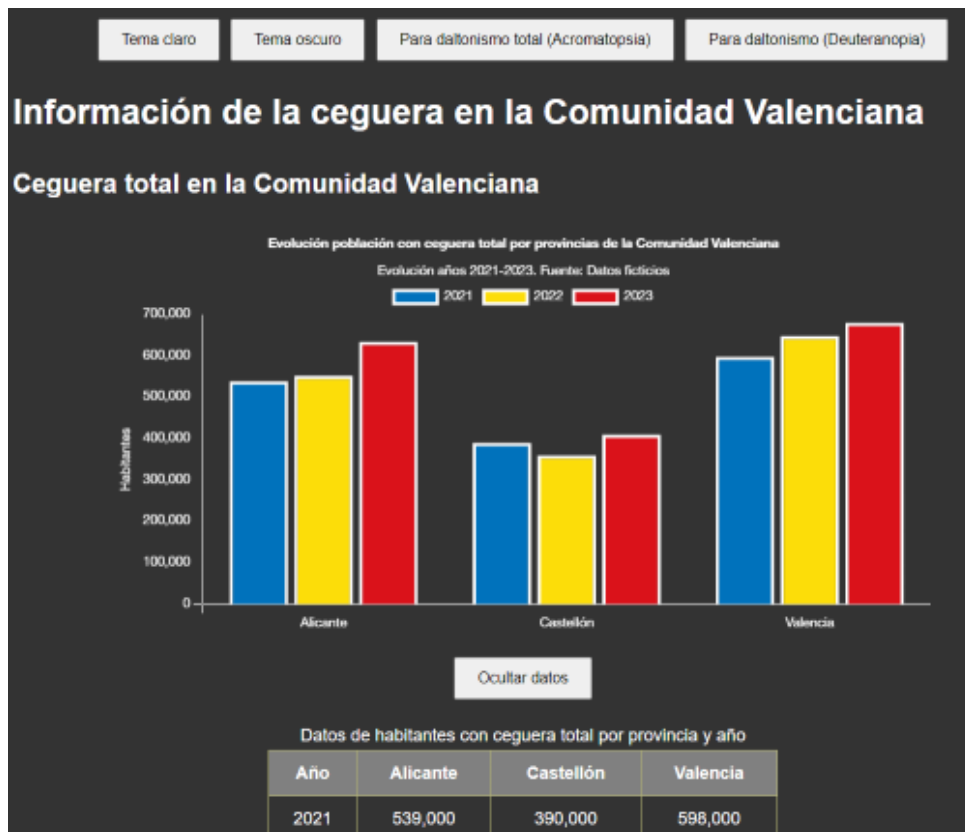
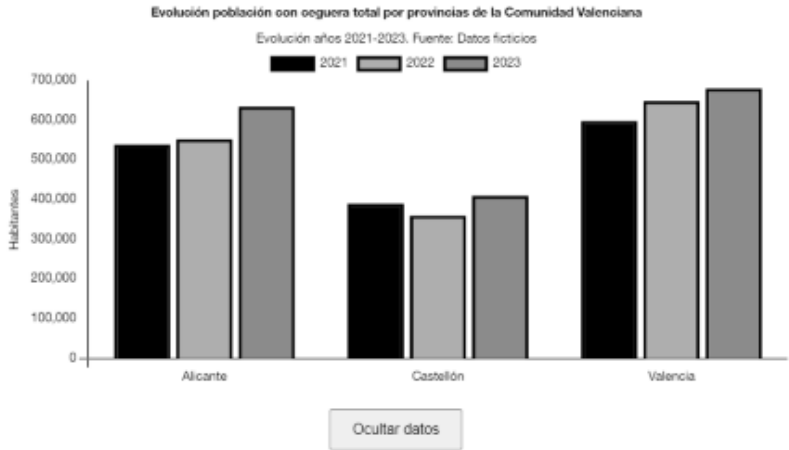


Figura 18: Página implementada en HTML con un tema oscuro.

Información de la ceguera en la Comunidad Valenciana

Ceguera total en la Comunidad Valenciana



Datos de habitantes con ceguera total por provincia y año

Año	Alicante	Castellón	Valencia
2021	539,000	390,000	598,000

Figura 19: Página implementada en HTML con un tema adaptado a daltonismo de tipo acromatopsia.

Información de la ceguera en la Comunidad Valenciana

Ceguera total en la Comunidad Valenciana

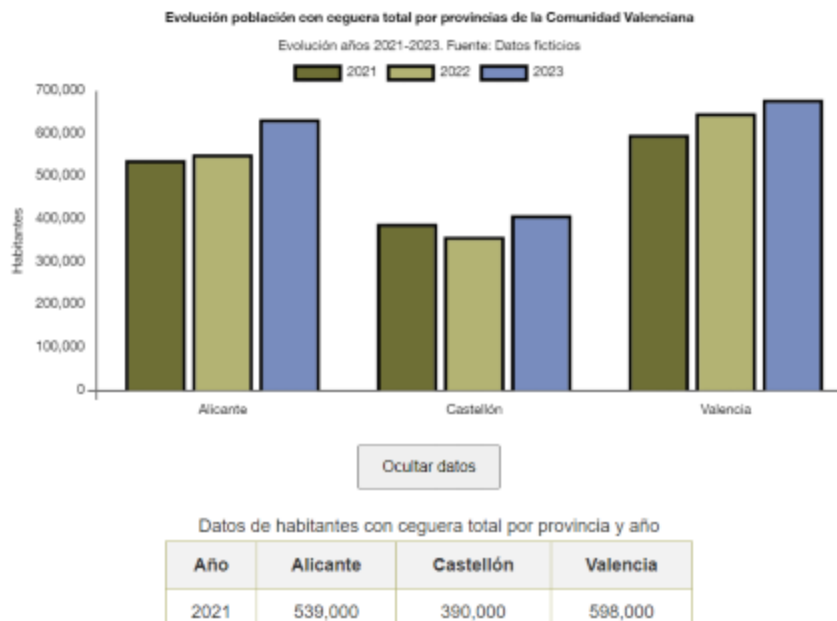


Figura 20: Página implementada en HTML con un tema adaptado a daltonismo de tipo deuteranopia.

Implementación del código HTML

El código HTML configura una página web para mostrar visualizaciones de datos accesibles relacionadas con la ceguera total en la Comunidad Valenciana. Incluye las siguientes funcionalidades y elementos relevantes en la accesibilidad:

- Idioma: El atributo `lang="es"` es esencial para definir el idioma principal del contenido de la página, lo cual ayuda a los lectores de pantalla a seleccionar la pronunciación y el diccionario correctos para los usuarios.
- Metadatos: se define la codificación de caracteres y la configuración de vista. El `meta charset="UTF-8"` asegura que los caracteres sean interpretados correctamente, mientras que `meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"` hace que el diseño sea responsive y se ajuste a diferentes tamaños de pantalla, mejorando la accesibilidad en dispositivos móviles.
- Hoja de estilos y librería Chart.js: Incluir una hoja de estilos externa y una biblioteca de gráficos puede mejorar la accesibilidad visual y funcional, siempre y cuando se usen adecuadamente para garantizar el contraste, la legibilidad y la navegación. Incluir bibliotecas externas y scripts adicionales debe hacerse con cuidado para no romper la accesibilidad. Chart.js, por ejemplo, permite crear gráficos accesibles cuando se usan las configuraciones y atributos adecuados.

- Botones de cambio de tema con texto alternativo: se implementan botones para cambiar el tema de la página entre varios modos: claro, oscuro, y modos específicos para distintos tipos de daltonismo. Se añadió 'aria-label' a cada botón para describir su función específica. Esto ayuda a los usuarios que dependen de lectores de pantalla a entender claramente lo que hace cada botón.
- Título y encabezados: Una etiqueta '<title>' descriptiva proporciona una idea clara del contenido de la página, lo cual es beneficioso para todos los usuarios, incluidos aquellos que usan tecnologías de asistencia. También, se usan títulos descriptivos ('<h1>', '<h2>', '<h3>') para estructurar el contenido de la página y mejorar la navegación con lectores de pantalla. Los encabezados ayudan a los usuarios a comprender rápidamente la organización de la página y las secciones.
- Gráfico de barras: Contiene un elemento '<canvas>' que servirá como contenedor para el gráfico de barras que muestra datos de habitantes con ceguera total por provincia y años. Añadimos los atributos 'aria-labelledby', 'aria-describedby' y 'role'. Usamos el atributo 'aria-labelledby="chartTitle"' para enlazar el gráfico con un título accesible. El lector de pantalla leerá el contenido del elemento con 'id="chartTitle"' antes de leer cualquier otra cosa relacionada con el gráfico. Usamos atributo 'aria-describedby="chartDescription"' para proporcionar una descripción detallada del gráfico. Indicamos también que existe una intención en la selección de colores del gráfico para que las personas que no puedan ver tengan también esta información. El lector de pantalla leerá este contenido después del título. Con el atributo 'role="img"' indicamos que el <canvas> debe ser tratado como una imagen semántica, lo que ayuda a los lectores de pantalla a proporcionar la información adecuada. Esto es útil cuando el contenido del elemento no es texto directamente legible, como un gráfico dibujado en un <canvas>. Cuando un lector de pantalla encuentre el elemento con 'role="img"', tratará de leer cualquier texto alternativo asociado a este elemento, como el proporcionado por 'aria-label', 'aria-labelledby' o 'aria-describedby'. A continuación, se añade el código para que pueda asociarse fácilmente a la explicación dada:

```

<!-- Contenedor del gráfico -->

<div class="chart-container">

    <canvas id="barChart" aria-labelledby="chartTitle" aria-
describedby="chartDescription" role="img"></canvas> </div>

<!-- Título del gráfico -->

```

```
<div id="chartTitle" class="visually-hidden">Gráfico de barras de cantidad de habitantes con ceguera total por provincias de la Comunidad Valenciana.</div>
```

```
<!-- Descripción del gráfico -->
```

```
<div id="chartDescription" class="visually-hidden">
```

Este gráfico de barras muestra la cantidad de habitantes con ceguera total por provincias de la Comunidad Valenciana para los años 2021, 2022 y 2023.

Alicante tiene un crecimiento constante, Castellón muestra una disminución en 2022 y Valencia presenta el mayor aumento en 2023.

Respecto al uso de colores seleccionados, se han utilizado intencionadamente los colores oficiales de la Comunidad Valenciana: azul, amarillo y rojo.</div>

- Botón para mostrar/ocultar datos en tabla: Incluye un botón que permite al usuario mostrar u ocultar una tabla de datos con los valores del gráfico de barras. El usuario puede elegir si quiere ver el desglose de los datos o si con la información de los atributos del gráfico ya es suficiente. Este botón también tiene un texto alternativo descriptivo con un atributo 'aria-label'.
- Tabla de datos: Presenta una tabla con los datos de habitantes por provincia y año, inicialmente oculta.
Se utiliza una etiqueta '<caption>' para proporcionar un título que describe el contenido y propósito de la tabla.
Para estructurar correctamente la tabla se emplean los encabezados: '<thead>' para las columnas, '<tbody>' para el cuerpo de la tabla, y '<tfoot>' para el pie de tabla.
Para los encabezados de columna '<th>' se ha utilizado el atributo 'scope'. El atributo 'scope' define el conjunto de celdas para las cuales la celda sobre la que se aplica proporciona información de encabezamiento. En este caso toma el valor 'col'. Los lectores de pantalla utilizan esta información para anunciar el encabezado correspondiente cuando leen cada celda de datos.
Además, Las filas '<tr>' y las celdas de datos '<td>' están correctamente anidadas dentro de '<thead>', '<tbody>', y '<tfoot>', lo que proporciona una estructura clara y lógica que los lectores de pantalla pueden seguir fácilmente.
El pie de la tabla es generalmente utilizado para resumir o dejar notas finales. En esta tabla, contiene información adicional sobre las unidades de los datos. El atributo 'aria-describedby' se puede agregar si hay una explicación o nota sobre la tabla. En este caso, se asume que el contenido de la tabla es claro sin necesidad de descripción adicional.

Se cita a continuación un ejemplo de cómo leería la tabla un lector de pantallas, empezando por el título, siguiendo por los encabezados de columnas, las celdas de datos, hasta el pie de tabla:

1. "Tabla: Datos de habitantes con ceguera total por provincia y año."
 2. "Columna Año, Columna Alicante, Columna Castellón, Columna Valencia."
 3. "Año 2021, Alicante 539000, Castellón 390000, Valencia 598000.", "Año 2022, Alicante 552000, Castellón 360000, Valencia 648000.", "Año 2023, Alicante 634000, Castellón 410000, Valencia 680000."
 4. "Valores en unidades de habitantes."
- Declaración de accesibilidad¹⁵: Se proporciona una declaración de accesibilidad siguiendo las pautas del W3C, indicando el estado de conformidad con las WCAG 2.1 nivel AA. Se ha elegido mostrar esta información en el pie ('<footer>') de la página, como se ve en la Figura 21. Esto asegura que el contenido es accesible y conforma a los estándares establecidos.

Accessibility Statement for Ejemplo proyecto de fin de Grado

This is an accessibility statement from ALEJANDRA CASTILLO VALDES.

Conformance status

The [Web Content Accessibility Guidelines \(WCAG\)](#) defines requirements for designers and developers to improve accessibility for people with disabilities. It defines three levels of conformance: Level A, Level AA, and Level AAA. Ejemplo proyecto de fin de Grado is fully conformant with WCAG 2.1 level AA. Fully conformant means that the content fully conforms to the accessibility standard without any exceptions.

Date

This statement was created on 24 April 2024 using the [W3C Accessibility Statement Generator Tool](#).

Figura 21: Captura de la web implementada donde aparece la declaración de accesibilidad que genera la herramienta del W3C.

Implementación del código JavaScript

El código JavaScript se encarga de gestionar la creación y actualización del gráfico de barras, así como de cambiar los temas y mostrar/ocultar la tabla de datos. El código JavaScript implementa varias características de accesibilidad, como descripciones accesibles, ajustes de contraste, de colores, opciones para mostrar datos en formato tabular y etiquetas descriptivas. Vamos a presentar las características de accesibilidad implementadas:

¹⁵ El W3C ofrece la posibilidad de crear una 'Declaración de accesibilidad' y poder añadirla en nuestro sitio web (disponible en: <https://www.w3.org/WAI/planning/statements/generator/#create>)

- Creación del gráfico: Utilizando la biblioteca Chart.js, se crea un gráfico de barras verticales con los datos proporcionados mediante *arrays*. Se configura el etiquetado, los ejes, colores de barras, bordes, títulos, y leyendas del gráfico.
Se proporcionan títulos y subtítulos descriptivos para el gráfico, que incluyen información sobre la evolución de la población por provincias y la fuente de los datos. Estos elementos proporcionan contexto adicional para los usuarios de lectores de pantalla y ayudan a comprender el propósito y el contenido del gráfico.
En el objeto de opciones del gráfico, se utiliza la propiedad `accessibility` para proporcionar descripciones accesibles tanto para el eje Y como para el eje X. Estas descripciones ayudan a los usuarios de lectores de pantalla a comprender el contenido del gráfico.
- Función para cambiar el tema: Cambia la clase del cuerpo del documento para aplicar diferentes temas de estilo. Al cambiar entre los diferentes temas (claro, oscuro y tipos de daltonismo), se ajustan los colores utilizados en los componentes del gráfico para garantizar un contraste adecuado y una buena legibilidad. Esto asegura que los usuarios puedan interactuar y comprender el contenido independientemente del tema visual elegido.
Se establecen reajustes de colores para todas las partes del gráfico¹⁶:
 - Textos de título y subtítulo del gráfico.
 - Colores de las barras del gráfico.
 - Colores de los ejes X e Y.
 - Colores de los valores de los ejes X e Y.
 - Texto del título del eje Y.
 - Valor de las etiquetas de la leyenda.
 - Borde de las barras verticales.
- Función para mostrar/ocultar la tabla: Alterna la visibilidad de la tabla de datos y cambia el texto del botón según el estado de visibilidad. Se implementa una función `mostrarTabla()` que muestra y oculta una tabla de datos relacionada con el gráfico cuando se hace clic en el botón de 'Mostrar tabla'. Esta función proporciona una forma alternativa de acceder a los datos del gráfico, lo que mejora la accesibilidad para usuarios que pueden tener dificultades para interpretar el gráfico visualmente. Se utiliza un botón con un texto alternativo ("Mostrar datos" y "Ocultar datos") para que los usuarios de lectores de pantalla comprendan su función.

Implementación del código CSS

El código CSS define los estilos para diferentes componentes de la página web y proporciona configuraciones para los diferentes temas:

- Estilos generales: Establece el tipo de letra, el espaciado y los colores de fondo y texto para el tema por defecto. Se utilizan fuentes ('font-family') sans-serif como Arial, un

¹⁶ Para los temas de daltonismo, se ha elegido una paleta de colores basándose en la información de daltonismo proporcionada en el apartado *Patologías sensoriales para tratar*

espaciado entre líneas de 1.6 y un tamaño de fuente de '1rem' que se ajusta proporcionalmente al tamaño base definido en el navegador, haciendo el texto más accesible. También, se alinean los títulos a la izquierda para asegurar consistencia visual y facilitar la lectura estructurada.

- Estilos de contenedor de gráfico: Se definen anchos relativos y márgenes automáticos para que el contenido se ajuste correctamente en diferentes tamaños de pantalla.
- Estilos de botones de tema: Configura la presentación de los botones para cambiar de tema. Se centran, espacian y usan tamaños de fuente en formato 'rem'. Se aplica una transición suave para que los botones cambien de color cuando el usuario pase por encima (':hover'¹⁷ y ':focus') para identificar fácilmente donde se encuentra.
- Temas de estilo: Se definen estilos específicos para cada tema (claro, oscuro, y modos para daltonismo). En el CSS se definen los colores de fondo de la página y todos los que no son respectivos al gráfico.
- Estilos de tabla: Se establece estilos para la tabla, incluyendo el color de fondo de los encabezados y las celdas, y define cómo se deben ver en el tema oscuro.

Implementación en Power BI

La implementación con la herramienta Power BI consiste en replicar la página web implementada previamente en HTML, JS y CSS.

Se han implementado los mismos cuatro temas diferentes:

- Un tema claro por defecto, que vemos en la Figura 22.
- Un tema oscuro o de alto contraste, en la Figura 23.
- Un tema para daltonismo total o acromatopsia, en la Figura 24.
- Un tema para daltonismo de tipo deuteranopia, en la Figura 25.

Actualmente, cuando se trabaja en visualizaciones de datos, se emplean herramientas potentes y adaptadas al tratamiento y a la visualización del dato. Esto quiere decir, que ya no se hacen visualizaciones en páginas HTML.

Herramientas como Power BI, tienen integradas sus características propias de accesibilidad. No se van a utilizar atributos o propiedades como se ha visto previamente. Vamos a presentar características que se han utilizado para lograr un *dashboard* accesible.

- Alternativa textual: En primer lugar y más importante, todas las tablas y gráficos incluyen textos alternativos que describen su contenido. En Power BI, esto se puede configurar en las propiedades de accesibilidad de cada objeto visual.

¹⁷ Los usuarios que dependen de lectores de pantalla no verán ni recibirán la retroalimentación visual proporcionada por ':hover'. No es un problema cuando no se trata de información que afecte al contenido.

- Característica de accesibilidad integrada: En las opciones y configuraciones, es aconsejable marcar la opción de accesibilidad de la Figura 5, con la intención de mejorar la compatibilidad con el lector de pantalla Narrador.
- Temas de visualización: Se incluyen diferentes temas de color para mejorar la accesibilidad. Los temas claros y oscuros ayudan a usuarios con sensibilidad a la luz y temas para daltonismo (como acromatopsia y deuteranopia) aseguran que los usuarios con deficiencias de color puedan distinguir fácilmente entre diferentes partes del gráfico. Para facilitar esta tarea, se ha configurado un tema de colores para que la herramienta aplique los que se seleccionen. En la misma paleta de colores se han incluido todos los de los diferentes temas, ya que no superaban la cantidad máxima. Esto no limita el uso de otros colores en caso de querer salir de la paleta personalizada. Se emplean colores contrastantes para texto, gráfico y fondo, asegurando que el texto y la información sean legibles.
- Botones accesibles: Los botones trabajan como elementos visuales que necesitan un texto alternativo, en este caso, una indicación de la acción que permiten. Se incluyen cuatro botones bien etiquetados en la parte superior para cambiar entre diferentes temas. Esto permite a los usuarios navegar fácilmente y seleccionar el tema que mejor se adapta a sus necesidades visuales. Los botones son suficientemente grandes y están espaciados adecuadamente para facilitar su uso. Además, para resaltar el tema en el que se encuentra el usuario, se ha optado por hacer el texto del botón más grande, ponerlo en negrita, y aumentar el grosor del borde.
- Encabezados: Se ha hecho uso de los títulos y subtítulos que permite añadir la herramienta, tienen desde las visualizaciones hasta los cuadros de texto. Esto va a permitir una mejor experiencia del usuario con lector de pantallas.
- Gráfico de columnas agrupadas: Respecto al gráfico, se ha trabajado en dejar una visualización que permita la lectura de la información de manera clara y concisa. Para ello se han espaciado las barras entre sí, y con más diferencia entre las diferentes provincias. También, se han añadido líneas horizontales de cuadrícula para facilitar la lectura de los valores en el eje Y.
Se ha optado por no añadir el valor del dato en cada columna ya que resultaría en una saturación de información y un gráfico innecesariamente cargado.
El eje Y de las ordenadas es el que posee el valor del dato que busca ser analizado. Por ello, es importante indicar que el origen esté en el valor más pequeño que pueda tomar, en este caso, el '0'.
- Uso de bordes: bordes claros y definidos alrededor de los elementos en gráficos y tablas para mejorar el contraste y la visibilidad de las separaciones entre datos.
- Tipografía: Tamaños de fuente adecuados para asegurar que el texto sea legible sin necesidad de hacer *zoom*. Se utilizan fuentes sans-serif, para que sean más fáciles de leer en pantallas.
- Descripciones y etiquetas: Todas las tablas y gráficos incluyen etiquetas claras y descriptivas para los ejes y leyendas, lo cual ayuda a los usuarios a comprender rápidamente la información presentada. Es posible añadir descripciones adicionales en elementos visuales complejos para proporcionar contexto adicional sobre los datos. No

ha sido el caso en este *dashboard* ya que se ha optado por fomentar la simplicidad. Lo que si se ha comentado en la alternativa textual es el uso intencionado de los colores.

- Transiciones: El cambio de tema mediante los botones es considerado una transición, y es inevitable. La herramienta contempla este efecto, pero al tratarse de una acción que tiene que iniciar el usuario sabiendo la finalidad, no se trata de un problema. Se evitan transiciones intermitentes que puedan causar molestias a los usuarios con fotosensibilidad.
- Selección y *tooltip*: Power BI tiene *tooltips* por defecto, también conocido como información sobre herramienta. Se trata de tarjetas emergentes que aparecen cuando el usuario pasa por encima de un valor o elemento, en el que se puede ver el detalle, como en la Figura 26. Es posible configurar una página de *tooltips* para ver más detalles que en el que viene por defecto, pero en este caso no es necesario debido a la simplicidad. Los usuarios pueden interactuar con los datos y personalizar la visualización según sus necesidades.
- Tabla de datos: Tablas de datos con filas y columnas claramente definidas, y uso de fondos alternativos o sombreados para facilitar la lectura fila por fila.
- Compatibilidad con lectores de pantalla: la herramienta ofrece la posibilidad de asignar un orden de lectura de los elementos. Además, es posible marcar elemento como decorativos para que no se incluyan en la lectura. Es trabajo del desarrollador ordenar o verificar el orden. En la Figura 27 vemos la ordenación con la que procedería un lector en la vista con un tema claro. En primer lugar, lee la parte superior con los títulos, después lee que se encuentra en un tema claro, lee que se puede navegar a tres temas más mediante botones, y finalmente procede a leer el gráfico y la tabla.

Estas características no solo mejoran la accesibilidad del *dashboard* para personas con discapacidades visuales, sino que también proporcionan una mejor experiencia de usuario para todos en general.

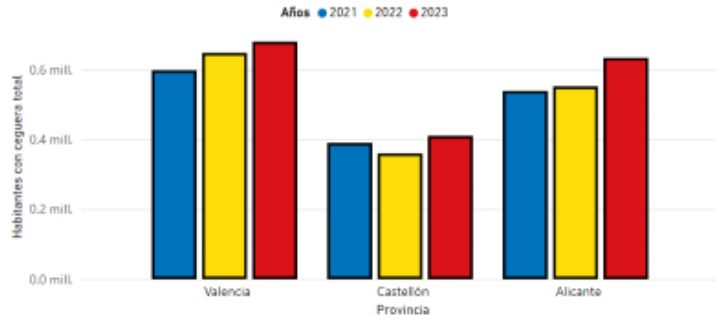
Visualizaciones de datos accesibles
Ejemplo para TFG

Información de la ceguera en la Comunidad Valenciana

- Tema claro
- Tema oscuro
- Tema para daltonismo total (acromatopsia)
- Tema para daltonismo tipo deuteranopia

Ceguera total en la Comunidad Valenciana

Habitantes ciegos por Provincia y Años



Datos de habitantes con ceguera total

Años	Provincia	Habitantes con ceguera total
2021	Alicante	539000
2021	Castellón	390000
2021	Valencia	598000
2022	Alicante	552000
2022	Castellón	360000
2022	Valencia	648000
2023	Alicante	634000
2023	Castellón	410000
2023	Valencia	680000
Total		4811000

Figura 22: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema claro.



Figura 23: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema oscuro.

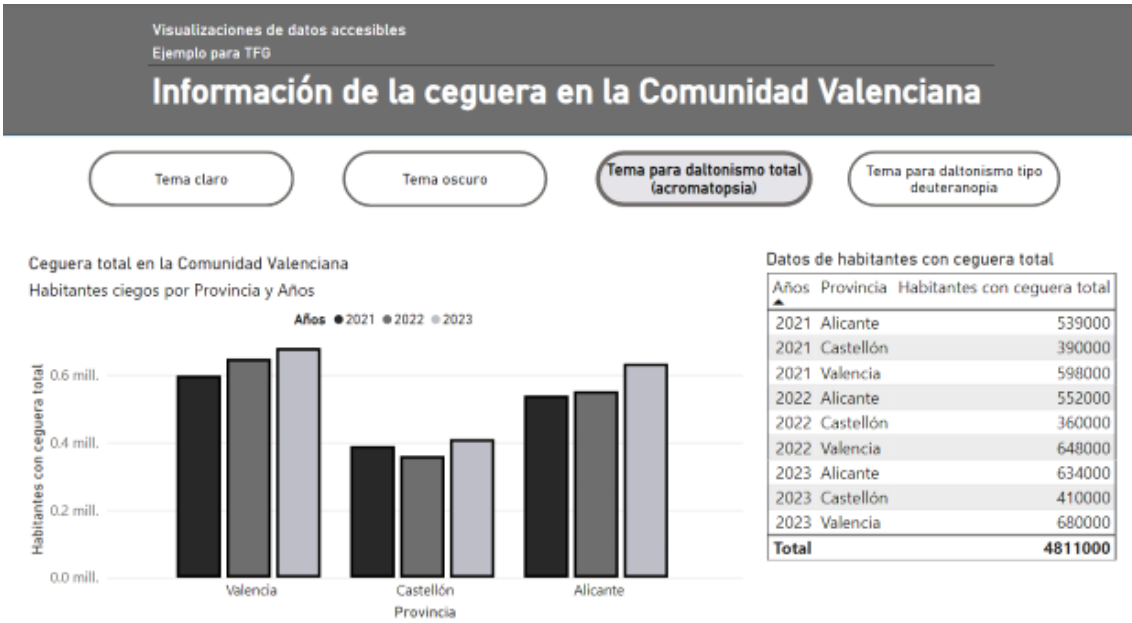


Figura 24: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema adaptado a daltonismo de tipo acromatopsia



Figura 25: Dashboard en Power BI de ejemplo con un tema adaptado a daltonismo de tipo deuteranopia.

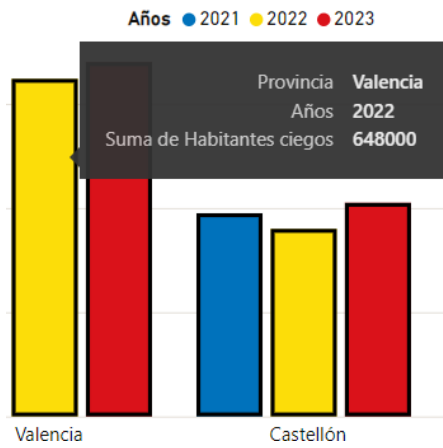


Figura 26: Ejemplo de tooltip por defecto de Power BI. Tarjeta emergente que ofrece un resumen del dato.

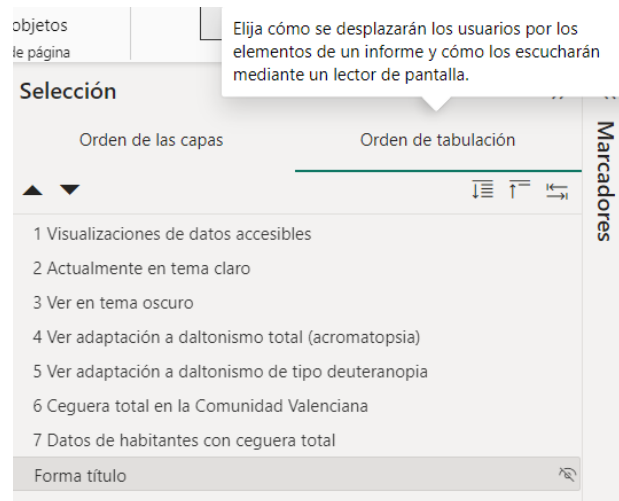


Figura 27: Opciones de Power BI para ordenar la tabulación adaptado a lectores de pantalla. Los elementos decorativos como 'Forma título' aparecen ocultos para el lector.

Conclusiones

Durante la realización de este trabajo de fin de grado, se abordó la problemática de la accesibilidad en las visualizaciones de datos de salud en contenido web. El objetivo principal era mejorar la inclusión y la experiencia de usuarios con diversas limitaciones. Los resultados obtenidos y las contribuciones realizadas en este estudio son fundamentales para avanzar en el diseño y desarrollo de visualizaciones más accesibles y equitativas en el contexto de la salud digital.

En primer lugar, se realizó un exhaustivo análisis de las recomendaciones y pautas actuales en materia de accesibilidad web, centrándose específicamente en las visualizaciones de información sanitaria. Esta revisión permitió identificar las mejores prácticas y estándares relevantes que deben ser considerados al diseñar visualizaciones biomédicas en entornos web. Se destaca la importancia de integrar principios de accesibilidad desde las etapas iniciales de diseño.

Como resultado de este análisis, se consolidaron las recomendaciones imprescindibles en una guía de accesibilidad diseñada específicamente para visualizaciones de datos en salud. Esta guía, se organiza en dos partes. Una parte más técnica que satisface las WCAG y ofrece recomendaciones divididas en bloques para desarrolladores y diseñadores web. Por otra parte, se dan recomendaciones desde un nivel más abstracto.

En el desarrollo de visualizaciones de información sanitaria en la web, se recomienda simplificar la presentación para mejorar la legibilidad y comprensión de los datos. Proporcionar contexto relevante y una estructura clara facilita la interpretación de la información. Es fundamental garantizar la fiabilidad y precisión de los datos presentados para aportar valor a la visualización. Facilitar comparaciones entre datos mediante diseños claros y coherentes mejora la utilidad de la visualización. Además, ofrecer flexibilidad en el diseño para adaptarse a las necesidades individuales de los usuarios asegura una experiencia más inclusiva y accesible.

Posteriormente, se aplicó esta guía de accesibilidad para evaluar visualizaciones existentes de información sanitaria disponibles en la Web. Esta evaluación reveló áreas de mejora y desafíos comunes en la implementación de prácticas accesibles.

Con base en las recomendaciones y aprendizajes obtenidos, se procedió al diseño y desarrollo de un prototipo de visualización de información sanitaria en línea conforme a los estándares de accesibilidad definidos. El prototipo se ha desarrollado con la premisa de ofrecer una experiencia óptima para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades visuales o cognitivas. Además, se han explicado las decisiones tomadas de accesibilidad con la intención de que pueda servir de ejemplo. También, se han realizado pruebas de accesibilidad mediante el uso de un lector de pantalla lo que ha permitido recopilar retroalimentación y poder mejorar el desarrollo.

En resumen, este trabajo ha contribuido al avance de la accesibilidad en las visualizaciones de información sanitaria en la Web. Se ha logrado proporcionando consejos y recomendaciones

aplicables para promover una representación más inclusiva y accesible de datos biomédicos en entornos digitales. Estas conclusiones destacan la importancia de considerar la accesibilidad como un componente fundamental del diseño web en el campo de la salud digital.

Bibliografía

1. **Fundación Adecco.** ¿Qué es la accesibilidad universal? [En línea] <https://fundacionadecco.org/azimut/que-es-la-accesibilidad-universal/>.
2. **Organización Mundial de la Salud.** Estrategia mundial sobre salud digital 2020-2025. [En línea] 2021. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/344251/9789240027572-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. **CDA Informática.** ¿Cómo la accesibilidad y la inclusión deben ser consideradas en el diseño de UX y UI? [En línea] <https://www.cdainfo.com/es/noticias/219-como-la-accesibilidad-y-la-inclusion-deben-ser-consideradas-en-el-diseno-de-ux-y-ui>.
4. **Aktek.** ¿Cómo la visualización de datos impulsa una mejor toma de decisiones? [En línea] 16 de August de 2023. <https://www.aktek.io/es/blog/c%C3%B3mo-la-visualizaci%C3%B3n-de-datos-impulsa-una-mejor-toma-de-decisiones>.
5. **Real Academia Española (RAE).** Discapacidad. *RAE*. [En línea] <https://dle.rae.es/discapacidad>.
6. **Organización Mundial de la Salud (OMS).** disability and health. [En línea] [Citado el: 14 de December de 2023.] <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>.
7. **Instituto Nacional de Estadística (INE).** INEbase. Encuestas de discapacidades. Resultados. [En línea] https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176782&menu=resultados&idp=1254735573175#!tabs-1254736195764.
8. **Real Patronato sobre Discapacidad.** Enfoque y datos sobre discapacidad. [En línea] [Citado el: 30 de December de 2023.] <https://www.rpdiscapacidad.gob.es/discapacidad-derechos-humanos/enfoque.htm>.
9. **Fundación Adecco.** ¿Qué tipos de discapacidad existen? [En línea] <https://fundacionadecco.org/blog/que-tipos-de-discapacidad-existen/>.
10. **Discapnet.** ¿Qué tipos de discapacidad existen? [En línea] <https://www.discapnet.es/discapacidad/que-discapacidades-existen>.
11. —. Enfermedades discapacitantes. [En línea] [Citado el: 30 de December de 2023.] <https://www.discapnet.es/discapacidad/condiciones-discapacitantes>.
12. **MedlinePlus.** Degenerative Nerve Diseases. [Online] <https://medlineplus.gov/degenerativenervediseases.html>.

13. **El rincón del cuidador.** ¿Qué son las enfermedades neurodegenerativas? [En línea] <https://www.elrincondelcuidador.es/psicologia/enfermedades-neurodegenerativas-sintomas-causas>.
14. **Essilor.** ¿Cuáles son las principales causas de ceguera? [En línea] <https://global.essilor.com/ar/blog/tu-vida-y-tus-ojos/cuales-son-las-principales-causas-de-ceguera>.
15. **Instituto Nacional de Estadística (INE).** Discapacidad. Cifras absolutas. Discapacidades y deficiencias. [En línea] 2020. <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?tpx=51615#!tabs-tabla>.
16. **Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE).** Ceguera y deficiencia visual. [En línea] <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual/concepto-de-ceguera-y-deficiencia-visual>.
17. **National Eye Institute (NIH).** Types of Color Vision Deficiency. [Online] August 7, 2023. [Cited: 12 30, 2023.] <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness/types-color-vision-deficiency>.
18. **American Academy of Ophthalmology (AAO) David Turbert.** What Is Color Blindness? [Online] September 26, 2022. <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-is-color-blindness>.
19. **Union Chimique Belge (UCB) Cares Pharma S.A.** Epilepsia fotosensible: qué es y sus síntomas. [En línea] 18 de July de 2022. <https://ucbcares.es/pacientes/epilepsia/es/content/684765574/epilepsia-fotosensible-que-es>.
20. **Rodríguez-Barrionuevo AC, Bauzano-Poley E, Rodríguez-Vives MA.** Epilepsias fotosensibles del niño. *Revista de Neurología*. 01 de May de 2001.
21. **Fundació Institut Guttmann.** Dislexia: dificultad en la lectura (1/2). [En línea] 02 de February de 2022. <https://barcelona.guttmann.com/es/article/dislexia-dificultad-en-la-lectura-12>.
22. **American Academy of Ophthalmology (AAO).** Tunnel Vision. [Online] January 13, 2021. <https://www.aao.org/eye-health/symptoms/tunnel-vision>.
23. **Mejor con Salud. Rafael Victorino Muñoz.** Visión en túnel: qué es y cuál es su tratamiento. [En línea] 6 de July de 2023. <https://mejorconsalud.as.com/vision-en-tunel/>.
24. **Tableau Software.** What Is Data Visualization? Definition, Examples, And Learning Resources. [Online] <https://www.tableau.com/learn/articles/data-visualization>.
25. **Amazon Web Services (AWS).** What is Data Visualization? [Online] https://aws.amazon.com/what-is/data-visualization/?nc1=h_ls.

26. **Tableau Software.** 10 examples of interactive map data visualizations. [Online] [Cited: January 5, 2024.] <https://www.tableau.com/learn/articles/interactive-map-and-data-visualization-examples>.
27. **Centro Universitario de Tecnología y Arte Digital (U-TAD).** Infografía: la representación visual de los datos. [En línea] 23 de December de 2022. [Citado el: 4 de January de 2024.] <https://u-tad.com/infografia-la-representacion-visual-de-los-datos/>.
28. **Instituto Superior para el Desarrollo de Internet (ISDI) Digital Talent.** 5 herramientas para crear el dashboard perfecto. [En línea] 4 de September de 2023. [Citado el: 6 de January de 2024.] <https://www.isdi.education/es/blog/herramientas-para-crear-el-dashboard-perfecto>.
29. **European Comission.** What is accessibility? [Online] [Cited: January 12, 2024.] https://commission.europa.eu/resources-partners/europa-web-guide/design-content-and-development/accessibility/what-accessibility_en.
30. **World Wide Web Consortium (W3C).** Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. [Online] December 11, 2008. <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>.
31. —. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. [Online] September 21, 2023. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>.
32. —. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. [Online] October 5, 2023. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>.
33. **World Wide Web Consortium (W3C) Web Accessibility Initiative (WAI).** Introduction to Understanding WCAG. [Online] [Cited: January 13, 2024.] <https://www.w3.org/WAI/WCAG22/Understanding/intro#understanding-the-four-principles-of-accessibility>.
34. **World Wide Web Consortium (W3C).** W3C Accessibility Guidelines (WCAG) 3.0. [Online] July 24, 2023. <https://www.w3.org/TR/wcag3/>.
35. **Naciones Unidas.** *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015* . s.l. : Naciones Unidas, 2015.
36. **United States Access Board.** About the U.S. Access Board #Section 508 (Federal Electronic and Information Technology). [Online] <https://www.access-board.gov/about/law/ra.html#section-508-federal-electronic-and-information-technology> .
37. **Internacional Organization for Standardization (ISO).** ISO/IEC 40500:2012. [Online] 2012. <https://www.iso.org/standard/58625.html>.
38. **International Disability Alliance (IDA).** Accessibility Campaign - COVID19. [Online] <https://www.internationaldisabilityalliance.org/accessibility-campaign>.

39. **The Secretary General of United Nations.** Response received from the United Nations Secretary-General to the IDA-IDDC Accessibility campaign. [Online] May 11, 2020. https://www.internationaldisabilityalliance.org/sites/default/files/sg_response_letter_to_iddc_chair_-_signed.pdf.

40. **Diario Oficial de la Unión Europea.** Directiva (UE) 2016/2102 del parlamento europeo y del consejo sobre la accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles de los organismos del sector público. [En línea] 26 de October de 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L2102&from=EN>.

41. **Comisión Europea.** Accesibilidad web. [En línea] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/web-accessibility>.

42. **Funka.** Videos formativos sobre la norma europea sobre requisitos de accesibilidad aplicables a la contratación pública de productos y servicios TIC en Europa, la norma EN 301 549. [Online] Youtube. https://youtube.com/@EN-ru5gt?si=ESSxY_LiFOnkPNxv.

43. **Diario Oficial de la Unión Europea.** Reglamento (UE) 2017/1953 del parlamento europeo y del consejo. [En línea] 25 de October de 2017. <https://www.boe.es/doue/2017/286/L00001-00008.pdf>.

44. **Ministerio de la Presidencia.** Real Decreto 366/2007. [En línea] 16 de March de 2007. <https://www.boe.es/boe/dias/2007/03/24/pdfs/A12852-12856.pdf>.

45. **Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (BOE).** Ley 27/2007, de 23 de octubre, por la que se reconocen las lenguas de signos españolas y se regulan los medios de apoyo a la comunicación oral de las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas. [En línea] 23 de October de 2007. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-18476-consolidado.pdf>.

46. **Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).** UNE 139803. [En línea] July de 2012. <http://administracionelectronica.gob.es/PAe/accesibilidad/UNE139803=2012.pdf>.

47. **Portal Administración Electrónica (PAE).** Normas Accesibilidad. [En línea] https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Estrategias/pae_Accesibilidad/pae_normativa/pae_eInclusion_Normas_Accesibilidad.html.

48. **Microsoft.** Navegación mediante el teclado. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#keyboard-navigation>.

49. —. Compatibilidad con el lector de pantalla. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#screen-reader-compatibility>.

50. —. Modo de enfoque. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#focus-mode>.

51. —. Vista de los datos en una tabla. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#show-data-table>.
52. —. Características de accesibilidad integradas que requieren configuración. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#built-in-accessibility-features-requiring-configuration>.
53. **Microsoft**. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#tab-order>.
54. **Microsoft**. Marcadores. [En línea] <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/create-reports/desktop-accessibility-creating-reports#markers>.
55. —. Temas, contraste y colores para personas daltónicas. [En línea] El criterio de éxito 1.4.3 de WCAG 2.1 determina que el color del texto y del fondo debe tener una relación de contraste de al menos 4.5:1.
56. **Amazon Web Services**. Amazon Polly. [En línea] <https://aws.amazon.com/es/polly/>.
57. —. Changing Lives with AI: Pollexy (“Polly” + “Lex”), A Special Needs Verbal Assistant. [Online] May 4, 2017. <https://aws.amazon.com/es/blogs/machine-learning/changing-lives-with-ai-pollexy-polly-lex-a-special-needs-verbal-assistant/>.
58. —. Pollexy – Building a Special Needs Voice Assistant with Amazon Polly and Raspberry Pi. [Online] April 12, 2017. <https://aws.amazon.com/es/blogs/aws/pollexy-building-a-special-needs-voice-assistant-with-amazon-polly-and-raspberry-pi/>.
59. **Allyant**. What is PDF Remediation? [En línea] 16 de November de 2023. <https://allyant.com/what-is-pdf-remediation/>.
60. **Equidox**. What is PDF Remediation? [Online] <https://equidox.co/blog/what-is-pdf-remediation/>.
61. *Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency*. **Rubén Alcaraz, Mireia Ribera Turró, Toni Granollers**. 2021, Universal Access in the Information Society, Vol. 21 (5), p. 32.
62. *Visualizing for the Non-Visual: Enabling the Visually Impaired to Use Visualization*. **Jinho Choi, Sanghun Jung, Deok Gun Park, Jaegul Choo, Niklas Elmqvist**. 2019, Computer Graphics Forum, Vol. 38, pp. 249 - 260.
63. *How accessible is my visualization? Evaluating visualization accessibility with Chartability*. **Frank Elavsky, Cynthia Bennett, Dominik Moritz**. 2022, Computer Graphics Forum, Vol. 41.

64. *An evaluation of accessibility of Covid-19 statistical charts of governments and health organisations for people with low vision.* **Alcaraz-Martínez, Rubén and Ribera-Turró, Mireia.** 5, 2020, Profesional de la información, Vol. 29, p. e290515.
65. *Visualization for the Blind.* **Elmqvist, Niklas.** 1, 2023, INTERACTIONS, Vol. 30, pp. 52-56.
66. *COVID-19 Highlights the Issues Facing Blind and Visually Impaired People in Accessing Data on the Web.* **Alexa F. Siu, Danyang Fan, Gene S-H Kim, Hrishikesh V. Rao, Xavier Vazquez, Sile O'Modhrain, Sean Follmer.** 2021, Proceedings of the 18th International Web for All Conference (W4A' 21).
67. *Accessible Visualization via Natural Language Descriptions: A Four-Level Model of Semantic Content.* **A. Lundgard, A. Satyanarayan.** 1, 2022, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 28, pp. 1073-1083.
68. **Smashing magazine. Kent Eisenhuth.** How Accessibility Standards Can Empower Better Chart Visual Design. [Online] February 14, 2024. [Cited: February 27, 2024.] <https://www.smashingmagazine.com/2024/02/accessibility-standards-empower-better-chart-visual-design/>.
69. **Naciones Unidas.** Convención sobre los derechos de las personas. [En línea] 13 de December de 2006. <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>.
70. **World Wide Web Consortium (W3C).** How to Meet WCAG (Quick Reference). [Online] 2023. <https://www.w3.org/WAI/WCAG22/quickref/?showtechniques=111%2C133%2C141%2C143%2C1411%2C211%2C212%2C246%2C243&hidesidebar=true#top>.
71. **World Wide Web Consortium (W3C).** HTML Accessibility API Mappings 1.0 (Editor's draft). [Online] <https://w3c.github.io/html-aam/>.
72. **World Wide Web Consortium.** G174: Providing a control with a sufficient contrast ratio that allows users to switch to a presentation that uses sufficient contrast. [Online] <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/G174.html>.
73. **World Wide Web Consortium (W3C).** Links with a 3:1 contrast ratio with surrounding text. [Online] <https://www.w3.org/WAI/WCAG22/working-examples/link-contrast/>.
74. **Conselleria de Sanidad Generalitat Valenciana.** Memorias de Gestión - Portal estadístico - Conselleria de Sanidad. [En línea] [Citado el: 26 de April de 2024.] <https://www.san.gva.es/es/web/portal-estadistico>.
75. **Comunidad de Madrid.** Estadísticas sobre la donación de sangre. [En línea] [Citado el: 26 de April de 2024.] <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/estadisticas-donacion-sangre>.

76. **Instituto de Salud Carlos III (ISCIII)** . Mortalidad Provincial. [En línea]
<https://ariadna.isciii.es/MapaP/>.

77. **Ministerio de Sanidad**. Principales efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica.
[En línea]
<https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/medioAmbiente/efectossaludcontaminacionatmos.htm>.

Anexos

Se anexa un documento con la síntesis de las recomendaciones de la guía de accesibilidad desarrollada.



Anexo 1.pdf