



ACTA DE EVALUACIÓN DE LA TESIS DOCTORAL
(FOR EVALUATION OF THE ACT DOCTORAL THESIS)

Año académico (academic year): 2016/17

DOCTORANDO (candidate PHD): **AMADO SALVATIERRA, HÉCTOR RODERICO**
D.N.I./PASAPORTE (Id.Passport): ****3346
PROGRAMA DE DOCTORADO (Academic Committee of the Programme): **D442 INGENIERÍA DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO**
DPTO. COORDINADOR DEL PROGRAMA (Department): **CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**
TITULACIÓN DE DOCTOR EN (Phd title): **DOCTOR/A POR LA UNIVERSIDAD DE ALCALÁ**

En el día de hoy 12/09/17, reunido el tribunal de evaluación, constituido por los miembros que suscriben el presente Acta, el aspirante defendió su Tesis Doctoral **con Mención Internacional** (In today assessment met the court, consisting of the members who signed this Act, the candidate defended his doctoral thesis with mention as International Doctorate), elaborada bajo la dirección de (prepared under the direction of) **JOSÉ RAMÓN HILERA GONZÁLEZ // SALVADOR OTÓN TORTOSA**.

Sobre el siguiente tema (Title of the doctoral thesis): **APORTES METODOLÓGICOS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBILIDAD EN LA ENSEÑANZA BASADA EN E-LEARNING**

Finalizada la defensa y discusión de la tesis, el tribunal acordó otorgar la CALIFICACIÓN GLOBAL¹ de (**no apto, aprobado, notable y sobresaliente**) (After the defense and defense of the thesis, the court agreed to grant the GLOBAL RATING (fail, pass, good and excellent): SOBRESALIENTE

Alcalá de Henares, a 12 de septiembre de 2017

Fdo. (Signed): J.A. WILSON
PRESIDENTE

Fdo. (Signed): GUSTAVO A. ROMERO
VOCAL

Fdo. (Signed): SERGIO LUJÁN MORA
SECRETARIO

FIRMA DEL ALUMNO (candidate's signature),

Con fecha 4 de octubre de 2017 la Comisión Delegada de la Comisión de Estudios Oficiales de Posgrado, a la vista de los votos emitidos de manera anónima por el tribunal que ha juzgado la tesis, resuelve:

- Conceder la Mención de "Cum Laude"
 No conceder la Mención de "Cum Laude"

La Secretaria de la Comisión Delegada

Fdo. (Signed): [Signature]

¹ La calificación podrá ser "no apto" "aprobado" "notable" y "sobresaliente". El tribunal podrá otorgar la mención de "cum laude" si la calificación global es de sobresaliente y se emite en tal sentido el voto secreto positivo por unanimidad. (The grade may be "fail" "pass" "good" or "excellent". The panel may confer the distinction of "cum laude" if the overall grade is "Excellent" and has been awarded unanimously as such after secret voting.)

INCIDENCIAS / OBSERVACIONES:
(Incidents

/

Comments)



Universidad
de Alcalá

COMISIÓN DE ESTUDIOS OFICIALES
DE POSGRADO Y DOCTORADO

En aplicación del art. 14.7 del RD. 99/2011 y el art. 14 del Reglamento de Elaboración, Autorización y Defensa de la Tesis Doctoral, la Comisión Delegada de la Comisión de Estudios Oficiales de Posgrado y Doctorado, en sesión pública de fecha 4 de octubre, procedió al escrutinio de los votos emitidos por los miembros del tribunal de la tesis defendida por *AMADO SALVATIERRA, HÉCTOR RODERICO*, el día 12 de septiembre de 2017, titulada *APORTES METODOLÓGICOS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBILIDAD EN LA ENSEÑANZA BASADA EN E-LEARNING*, para determinar, si a la misma, se le concede la mención "cum laude", arrojando como resultado el voto favorable de todos los miembros del tribunal.

Por lo tanto, la Comisión de Estudios Oficiales de Posgrado **resuelve otorgar** a dicha tesis la

MENCIÓN "CUM LAUDE"

Alcalá de Henares, 10 de octubre de 2017
EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE ESTUDIOS
OFICIALES DE POSGRADO Y DOCTORADO



Juan Ramón Velasco Pérez

Copia por e-mail a:

Doctorando: AMADO SALVATIERRA, HÉCTOR RODERICO

Secretario del Tribunal: SERGIO LUJÁN MORA.

Directores de Tesis: JOSÉ RAMÓN HILERA GONZÁLEZ // SALVADOR OTÓN TORTOSA



Universidad
de Alcalá

ESCUELA DE DOCTORADO
Servicio de Estudios Oficiales de
Posgrado

DILIGENCIA DE DEPÓSITO DE TESIS.

Comprobado que el expediente académico de D./D^a _____
reúne los requisitos exigidos para la presentación de la Tesis, de acuerdo a la normativa vigente, y habiendo
presentado la misma en formato: soporte electrónico impreso en papel, para el depósito de la
misma, en el Servicio de Estudios Oficiales de Posgrado, con el nº de páginas: _____ se procede, con
fecha de hoy a registrar el depósito de la tesis.

Alcalá de Henares a _____ de _____ de 20 _____



Fdo. El Funcionario



Universidad de Alcalá

Programa de Doctorado en
Ingeniería de la Información y del Conocimiento

Departamento de Ciencias de la Computación

APORTES METODOLÓGICOS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBILIDAD EN LA ENSEÑANZA BASADA EN E-LEARNING

Tesis Doctoral presentada por

HÉCTOR RODERICO AMADO SALVATIERRA

Director:

DR. JOSÉ RAMÓN HILERA GONZÁLEZ

Co-director:

DR. SALVADOR OTÓN TORTOSA

Alcalá de Henares, 2017



Universidad
de Alcalá

DPTO. DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
Escuela Politécnica Superior
Campus Universitario. Edificio Politécnico
28871 Alcalá de Henares (Madrid) España
Teléfonos: +34 91 885 6645
Fax: +34 91 885 6646
e-mail: dpto.computacion@uah.es

Dr. D. José Ramón Hilera González, Catedrático de Universidad del Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Alcalá.

Dr. D. Salvador Otón Tortosa, Profesor Titular de Universidad del Área de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Alcalá.

HACEN CONSTAR:

Que, una vez concluido el trabajo de tesis doctoral titulado: “APORTES METODOLÓGICOS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBILIDAD EN LA ENSEÑANZA BASADA EN E-LEARNING” realizado por D. HÉCTOR RODERICO AMADO SALVATIERRA, dicho trabajo tiene suficientes méritos teóricos, que se han contrastado adecuadamente mediante validaciones experimentales y que son altamente novedosos. Por todo ello consideran que procede su defensa pública.

Y para que así conste, firman la presente en Alcalá de Henares, a 3 de abril de 2017.

El Director de la Tesis

El Codirector de la Tesis

Dr. José Ramón Hilera González

Dr. Salvador Otón Tortosa





Universidad
de Alcalá

DPTO. DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
Escuela Politécnica Superior
Campus Universitario. Edificio Politécnico
28871 Alcalá de Henares (Madrid) España
Teléfonos: +34 91 885 6645
Fax: +34 91 885 6646
e-mail: dpto.ccomputacion@uah.es

Dr. D. José Javier Martínez Herraiz, Profesor Titular de Universidad del Área de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, en calidad de Coordinador del Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento de la Universidad de Alcalá.

CERTIFICO: Que la Comisión Académica del Programa ha aprobado la presentación de la Tesis Doctoral titulada “APORTES METODOLÓGICOS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBILIDAD EN LA ENSEÑANZA BASADA EN E-LEARNING” realizada por D. HÉCTOR RODERICO AMADO SALVATIERRA, dirigida por el Dr. D. José Ramón Hilera González y co-dirigida por el Dr. Salvador Otón Tortosa.

La Tesis Doctoral reúne los requisitos científicos de originalidad y rigor metodológicos para ser defendida ante un tribunal y optar a Mención Internacional. Esta Comisión ha tenido también en cuenta la evaluación positiva anual del doctorando, habiendo obtenido las correspondientes competencias establecidas en el Programa.

Y para que así conste, firmo la presente en Alcalá de Henares, a 25 de abril de 2017.

Dr. José Javier Martínez Herraiz

A mi amada esposa Ali
A Dulce Alitzá, Manuel Roderico y Héctor Leonel

Resumen

Este trabajo de tesis propone una metodología integral que toma en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Concretamente, la metodología se basa en un marco de referencia internacional con el objetivo que cualquier institución pueda comparar, adaptar y complementar sus propios procesos para incorporar los aspectos de accesibilidad en su formación virtual.

La tesis doctoral se presenta en la modalidad de compendio de publicaciones en revistas de reconocido prestigio. En el caso de este trabajo de tesis, se han seleccionado tres publicaciones en revistas de impacto en el índice JCR (Journal Citation Reports). Las publicaciones están enmarcadas bajo la hipótesis de partida que radica en la propuesta de aportes metodológicos para la mejora de la accesibilidad en la enseñanza basada en e-Learning. Acompañando a las tres publicaciones principales de esta tesis doctoral, se han generado 30 publicaciones adicionales en revistas de impacto en el índice SJR (Scimago Journal Ranking), congresos internacionales de impacto CORE (Computing Reserach & Education), un capítulo de libro, un libro editado, así como publicaciones en diversos congresos sobre calidad, accesibilidad y formación virtual.

A nivel formativo, el trabajo realizado en torno a este proyecto de tesis ha permitido generar cuatro cursos de formación destinados a los actores que intervienen en el proceso educativo. Se resalta que ha sido posible validar tanto la metodología propuesta, como los cursos implementados en campus virtuales accesibles, mediante la preparación e impartición de dos cursos destinados a docentes, un curso destinado a administradores de campus virtuales, y seis cursos orientados a la mejora de la inserción laboral de jóvenes con discapacidad.

Finalmente es importante mencionar que a pesar que en el año 2017, un total de 172 países han ratificado la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad, actualmente al no existir en la mayoría de los países una legislación que refuerce la necesidad de brindar educación virtual accesible, las instituciones no le prestan atención a dicha necesidad. El trabajo realizado en el marco de este trabajo de tesis, apoyado por tres proyectos de cooperación en América Latina ha permitido realizar una tarea de sensibilización masiva sobre la importancia de la accesibilidad en las Instituciones de Educación Superior, especialmente en 18 países de América Latina y en España, Portugal y Finlandia.

Índice

Contenido

Índice	- 1 -
Sección I: Introducción	- 3 -
1. Sumario general de la tesis	- 3 -
1.1 Introducción	- 3 -
1.2 Estado actual y trabajos relacionados.....	- 6 -
1.2.1 Aspectos relacionados con la accesibilidad en plataformas e-Learning	- 6 -
1.2.2 Aspectos relacionados con metodologías para la creación de cursos de formación virtual	- 7 -
1.3 Objetivo de la tesis	- 11 -
1.4 Metodología.....	- 12 -
1.5 Resumen del contenido.....	- 14 -
1.6 Contribuciones.....	- 18 -
1.7 Tesis doctoral como compendio de publicaciones	- 19 -
1.7.1 Publicaciones en revistas de impacto indexadas en JCR.....	- 20 -
1.7.2 Publicaciones en revistas de impacto indexadas en SJR.....	- 20 -
1.7.3 Publicaciones en congresos de impacto CORE	- 21 -
1.7.4 Libros y capítulos en libros.....	- 22 -
1.7.5 Otras publicaciones relacionadas	- 22 -
Sección II: Tesis doctoral como compendio de publicaciones	- 23 -
2. Publicación I (Artículo JCR): Towards a semantic definition of a framework to implement accessible e-learning projects	- 23 -
2.1 Descripción de aportes al objetivo de la tesis	- 23 -
2.2 Índices de calidad.....	- 26 -
2.3 Artículo	- 26 -
3. Publicación II (Artículo JCR): MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms	- 49 -
3.1 Descripción de aportes al objetivo de la tesis	- 49 -
3.2 Índices de calidad.....	- 50 -
3.3 Artículo	- 50 -
4. Publicación III (Artículo JCR): Formalización de un Marco Metodológico Para la Implementación de un Proyecto Educativo Virtual Accesible	- 61 -
4.1 Descripción de aportes al objetivo de la tesis	- 61 -
4.2 Índices de calidad.....	- 63 -
4.3 Artículo	- 63 -

Sección III: Otras publicaciones con índice de impacto	- 90 -
5. Publicaciones en revistas en el índice SJR	- 90 -
5.1 Publicación IV (Artículo SJR): Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments.....	- 90 -
5.2 Publicación V (Artículo SJR): Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results.....	- 91 -
6. Publicaciones en congresos en el índice CORE	- 92 -
6.1 Publicación VI (Congreso CORE): An open online course with accessibility features.....	- 92 -
6.2 Publicación VII (Congreso CORE): Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America. .	- 93 -
6.3 Publicación VIII (Congreso CORE): Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment.....	- 94 -
6.4 Publicación IX (Congreso CORE): Towards a Methodology for Curriculum Development within an Accessible Virtual Campus.	- 95 -
6.5 Publicación X (Congreso CORE): A method to evaluate accessibility in e-learning education systems.....	- 96 -
6.6 Publicación XI (Congreso CORE): Towards an approach for a massive web accessibility training.....	- 97 -
7. Libros y Capítulos de libros.....	- 98 -
7.1 Publicación XII (Capítulo de Libro): Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses.	- 98 -
7.2 Publicación XIII (Libro): Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles.....	- 99 -
8. Otras publicaciones relacionadas	- 101 -
Sección IV: Conclusiones y trabajo futuro	- 104 -
9. Conclusiones	- 104 -
9.1 Revisión de objetivos y preguntas de investigación planteadas	- 106 -
10. Futuras líneas de investigación	- 111 -
10.1 Línea de investigación 1: Desarrollo de un modelo de calidad basado en métricas	- 111 -
10.2 Línea de investigación 2: Propuesta para la integración e interoperabilidad de herramientas online de evaluación automática de accesibilidad web	- 111 -
10.3 Línea de investigación 3: Desarrollo de propuesta para la evaluación y reparación de la accesibilidad en objetos de aprendizaje	- 112 -
Sección V: Referencias Bibliográficas	- 113 -

Sección I: Introducción

1. Sumario general de la tesis

1.1 Introducción

De acuerdo al Banco Mundial (2016) se estima que el 15% de la población mundial, es decir aproximadamente mil millones de personas, vive con algún tipo de discapacidad. Se resalta que el número de personas con discapacidad está creciendo. Esto debido al envejecimiento de la población y al incremento global de problemas crónicos de salud asociados con la discapacidad, factores ambientales, accidentes de tránsito o a causa de la violencia.

Consecuentemente, en base a la recomendaciones detalladas en el Informe Mundial sobre Discapacidad realizado en el año 2011, los Jefes de Estado y de Gobierno reunidos en la XXII Cumbre Iberoamericana de Cádiz (SGI, 2012) culminaron el encuentro con la declaración del año 2013 como el "*Año Iberoamericano para la inclusión en el mercado laboral de las personas con discapacidad*". Posteriormente, en el marco del Día Internacional de las Personas con Discapacidad del año 2014, el Secretario General de las Naciones Unidas, Sr. Ban Ki-moon expresó: "*Hagamos todo lo necesario para asegurar que las políticas, los programas, las directrices y las tecnologías del siglo XXI estén al alcance de las personas con discapacidad y tengan en cuenta sus perspectivas y experiencias*" (ONU, 2014). Se trata de un mensaje que evidencia el latente interés hacia la inclusión de las personas con discapacidad en todos los ámbitos de la sociedad.

En relación a la facilitación de servicios y productos para personas con discapacidad, el Real Decreto Legislativo 1/2013, define la accesibilidad universal como una condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos o instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas, de la forma más autónoma y natural posible que facilite estar en igualdad de condiciones de una persona que no tenga discapacidad (BOE, 2013).

El derecho a la igualdad de oportunidades y de trato a través de la promoción, entre otras, de la accesibilidad universal es un derecho recogido en la legislación de muchos países, en especial en los países que han ratificado la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2006). Específicamente, se destaca en el documento de la Convención los artículos 9 sobre accesibilidad y 24 sobre educación. En relación al artículo 9, se resaltan sus puntos 2.g y 2.h. en los que se menciona el compromiso de los signatarios para adoptar medidas pertinentes para "*Promover el acceso de las personas con discapacidad a los nuevos sistemas y tecnología de la información y las comunicaciones, incluida Internet*" y "*Promover el diseño, el desarrollo, la producción y la distribución de sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones accesibles en una etapa temprana, a fin de que estos sistemas y tecnologías sean accesibles al menor costo*". Por su parte se destaca el artículo 24 que en el numeral quinto expresa la necesidad de asegurar que las personas con discapacidad tengan acceso general a la educación superior, la formación profesional, la educación para adultos y el aprendizaje durante toda la vida sin discriminación y en igualdad de condiciones con los demás.

En este sentido, es importante identificar que en la actualidad la formación virtual o enseñanza basada en e-Learning tiene un crecimiento cada vez mayor, no solo en las instituciones de educación superior, sino también en las entidades educativas orientadas al aprendizaje en el trabajo, en la escuela o formación a lo largo de la vida. Es posible identificar actualmente plataformas educativas digitales, plataformas de cursos masivos en línea y en general nuevos espacios virtuales que se encuentran presentes en instituciones de educación a todo nivel. Sin embargo, al igual que las limitaciones físicas que puedan existir en los espacios físicos, como un campus universitario, tanto las plataformas como los desarrollos curriculares virtuales y contenidos pueden presentar también limitaciones a las personas con discapacidad. En general este obstáculo se puede presentar a cualquier persona que tenga una limitación temporal dependiente del medio con el que utiliza las plataformas virtuales.

La Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad ha sido ratificada por 172 países, demostrando el interés de los gobiernos en atender los aspectos de accesibilidad universal. Siguiendo esta afirmación nos preguntamos: ¿Están las Instituciones de Educación preparadas para afrontar el reto de preparar proyectos educativos virtuales accesibles?, la respuesta desafortunadamente es negativa. En este sentido, en Seale (2014) y Kelly et al., (2010) se identifica que en diferentes países la accesibilidad en la formación virtual no se ha tomado en cuenta, ya sea por falta de conocimiento o interés, y se necesita una iniciativa para abordar el tema de accesibilidad

en la enseñanza basada en el E-Learning de forma integral y que dicha iniciativa ofrezca soluciones con un efecto multiplicador.

El presente trabajo de tesis se titula: "*Aportes metodológicos para la mejora de la accesibilidad en la enseñanza basada en e-Learning*". Este trabajo propone una metodología integral que tome en cuenta los aspectos de accesibilidad en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual. Se propone una metodología que facilite el cumplimiento de estándares de accesibilidad a los distintos actores que intervienen en el proceso educativo, tanto a nivel de implementación tecnológica como a nivel didáctico en todo el proceso de diseño de cursos en modalidad e-Learning.

Con esta tesis doctoral se pretende proponer y validar un marco para la creación e implantación de metodologías que establezcan un modelo de trabajo para el cumplimiento de requisitos de accesibilidad en el contexto de la formación virtual, especialmente a través de la Web, tratando la problemática desde el punto de vista de la accesibilidad de los contenidos en las distintas etapas del ciclo de creación de cursos en modalidad virtual, con un especial énfasis a ambientes de aprendizaje distribuidos en la Web. Este trabajo busca proponer una solución holística, que tome en cuenta los diferentes factores involucrados en el proceso de creación de cursos virtuales accesibles. Se propone una metodología basada en un marco de referencia para la descripción de los diferentes procesos involucrados en formación virtual. Se proponen adaptaciones para incorporar la accesibilidad en los diferentes procesos de producción de cursos virtuales, de forma que este marco de referencia pueda ser utilizado por cualquier institución para comparar y adaptar sus propios procesos hacia una formación virtual accesible.

Para ello, la tesis se estructura en cinco secciones:

En la primera sección se presenta una visión general de la tesis, incluyendo la introducción, análisis del estado del arte, presentación del objetivo de partida, preguntas de investigación y justificación de la presentación de la tesis como compendio de publicaciones.

En la segunda sección se presentan de manera detallada las publicaciones seleccionadas para la presentación de esta tesis como compendio de publicaciones. En la sección se detalla cómo cada una de las publicaciones se relaciona con los objetivos y las preguntas de investigación planteadas.

A continuación, la tercera sección presenta otras publicaciones con índice de impacto publicadas en revistas en el índice SJR, congresos en el ranking CORE así como un

capítulo de libro publicado y un libro editado. La sección se enriquece con la presentación de otras publicaciones realizadas por el doctorando hasta llegar a la realización de la presente tesis.

En la cuarta sección se exponen las conclusiones y los trabajos futuros derivados de esta tesis doctoral.

Finalmente la quinta sección detalla las referencias bibliográficas.

Es importante destacar que este trabajo de tesis se ha realizado en el marco de los tres proyectos siguientes: "E-Inclusión. Implementación de estándares de accesibilidad en el proceso de diseño de cursos en ambientes de aprendizaje virtual." (Co-financiado por la Comunidad de Madrid); "ESVI-AL. Educación Superior Virtual Inclusiva – América Latina" (Co-financiado por la Unión Europea a través del programa ALFA III) y "ACAI-LA. Adopción de enfoques de Calidad, Accesibilidad e Innovación en la Educación Superior de Latinoamérica" (Co-financiado por la Unión Europea a través del programa Erasmus+).

1.2 Estado actual y trabajos relacionados

Hay que tomar en cuenta que cada uno de los trabajos presentados en esta tesis incluye la identificación de sus propios trabajos relacionados y descripción del estado del arte. En este apartado se analiza el marco normativo general que se ha tenido como referente a la hora de realizar los trabajos. Para ello, se han estructurado los siguientes grupos:

- Aspectos relacionados con la accesibilidad en plataformas e-Learning
- Aspectos relacionados con metodologías para la creación de cursos de formación virtual

1.2.1 Aspectos relacionados con la accesibilidad en plataformas e-Learning

El trabajo de la Iniciativa de la Accesibilidad Web (WAI) ha permitido despertar conciencia respecto a la importancia de implementar estándares de accesibilidad en las páginas web (W3C, 2012). La accesibilidad de los sistemas web (compuestos por diferentes páginas web) tiene una repercusión a todos los niveles, especialmente en la educación virtual. La educación virtual (e-Learning) está cada vez más adoptada por las instituciones educativas, lideradas principalmente por las instituciones de educación superior que, a través de sus programas de educación a distancia, ofrecen cursos completos en modalidad virtual por medio de plataformas tecnológicas. En (Amado-Salvatierra et al., 2016) se presenta una recopilación de los estándares principales

relacionados con la accesibilidad web basados en el World Wide Web Consortium (W3C). Complementariamente se presentan otros estándares internacionales sobre accesibilidad.

En países como España, Estados Unidos, Reino Unido y Canadá, la legislación en materia de accesibilidad, especialmente en los sistemas basados en Internet, promueve e incentiva la preparación de contenido accesible. A nivel Europeo se destaca la Directiva 2016/2102 sobre la accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles de los organismos del sector público (UE, 2016). La Directiva tiene el objetivo de aproximar las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas relativas a los requisitos de accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles de los organismos del sector público, permitiendo así que dichos sitios y aplicaciones sean más accesibles para los usuarios, en particular para las personas con discapacidad. La Directiva 2016/2102 busca armonizar las acciones dispersas que los diferentes países en la Unión Europea realizan en pos de la accesibilidad. Sin embargo, en países en desarrollo existe una gran diferencia en términos de legislación sobre accesibilidad, limitaciones tecnológicas, acceso y uso de tecnología de apoyo. También se ha identificado una carencia de formación accesible para los creadores de contenido y páginas web. (Kelly et al., 2010).

En relación a las tecnologías de apoyo accesibles para el aprendizaje online y presencial, Burgstahler et al. (2011) presentan un estudio de las diferentes opciones disponibles. Seale (2007) presenta un resumen de los productos de apoyo a la accesibilidad disponibles y como ayudan a los alumnos con discapacidad. Un paso más adelante, Hersh (2014) propone un marco de evaluación de las tecnologías de apoyo basado en diferentes principios como la disponibilidad, facilidad de uso, tipo de discapacidad que apoyan y resultados de aprendizaje, entre otros.

1.2.2 Aspectos relacionados con metodologías para la creación de cursos de formación virtual

Entre las principales iniciativas existentes para tomar en cuenta los aspectos de accesibilidad en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual, Seale (2007) propone tres acciones para desarrollar prácticas de aprendizaje accesible:

- Impartir formación para desarrollar contenido multimedia y objetos de aprendizaje accesibles.
- Implementar soluciones holísticas para desarrollar e-Learning y experiencias semi-presenciales accesibles.

- Fomentar la creación de programas institucionales para generar conciencia y abordar los problemas de accesibilidad.

A continuación se analizan las tres acciones propuestas por Seale (2007) complementadas con una revisión de literatura. En relación a la primera acción relacionada con la formación, las fases iniciales de producción de cursos en modalidad virtual involucran la participación relevante de los docentes. Acerca de los conocimientos que un docente debe tener, Smith et al. (2010) identifican una alarmante carencia de entrenamiento para los docentes sobre como diseñar cursos accesibles. Respecto de los conocimientos de accesibilidad que los diferentes involucrados en el proceso de creación de cursos virtuales deben tener, el Comité Europeo de Normalización (CEN, 2011) propone un currículo de formación para profesionales de tecnologías de la información y comunicación (TICs) en Diseño Universal. Este currículo propuesto representa una importante base para la formación en accesibilidad, destacando la importancia de entender los problemas que un estudiante con discapacidad puede enfrentar al recibir contenido o actividades formativas en un formato no accesible. Complementariamente, Cooper (2007) resalta que no es necesario que los docentes se conviertan en expertos de accesibilidad, pero sí deben conocer acerca de los aspectos generales de la accesibilidad y la forma en que un estudiante con discapacidad utiliza las diferentes tecnologías y productos de apoyo para aprender. En aspectos de formación a docentes, McAndrew et al. (2012), presentan un plan de enseñanza profesional en cuatro fases para adaptar recursos de aprendizaje online para que sean accesibles.

Es importante destacar que la temática en Diseño Universal propuesta en el currículo (CEN, 2011) ha sido contextualizado hacia los aspectos formativos mediante el denominado Diseño Universal para el Aprendizaje (CAST 2011). El Diseño Universal del Aprendizaje (o UDL por sus siglas en inglés) busca la generación de currículos que puedan ser adaptables a diferentes tipos de estudiantes. UDL se basa en incorporar aspectos de flexibilidad en las actividades relacionadas a la definición de los objetivos de aprendizaje, métodos, materiales y procedimientos de evaluación de la acción formativa. Esta flexibilidad permite a los docentes responder correctamente las necesidades de todos los estudiantes en las diferentes etapas del proceso educativo.

Sobre la segunda fase propuesta por Seale (2007) destinada a implementar soluciones holísticas para desarrollar soluciones e-Learning, Conole et al. (2004) proponen un mapeo de herramientas y estrategias pedagógicas para un diseño de aprendizaje a distancia efectivo, aunque no toman en cuenta aspectos de accesibilidad. Kelly et al.

(2007) proponen un primer modelo holístico para accesibilidad en e-Learning. Posteriormente Phipps y Kelly (2006) complementan el enfoque holístico hacia la accesibilidad en e-Learning basado en los cuatro aspectos siguientes:

- Proporcionar usabilidad a las plataformas de aprendizaje.
- Trabajar hacia la adaptación de los modelos de aprendizaje accesibles.
- Preparar cursos y contenidos accesibles.
- Adaptar la acción formativa al contexto en el que se realiza, tomando en cuenta factores individuales, locales, políticos y culturales.

Phipps y Kelly (2006) proponen cinco etapas para el desarrollo de e-Learning accesible que se resumen a continuación:

- Crear conciencia: Entender las necesidades de los estudiantes, el uso de recursos y su relación hacia la inclusión.
- Investigación: Identificar buenas prácticas existentes en busca de accesibilidad y usabilidad en plataformas y contenidos.
- Comprensión: Evaluar la adaptación de las prácticas existentes y su aplicabilidad hacia la consecución de los objetivos de aprendizaje por parte del estudiante.
- Implementación: Realizar acciones para adaptación de las prácticas existentes al contexto de la acción formativa e identificar alternativas y trabajar en ajustes necesarios.
- Evaluación: Verificar la calidad e identificar la efectividad para alcanzar los objetivos de aprendizaje por parte de los estudiantes.

Por su parte, Seale (2014) propone un modelo contextualizado para la práctica de e-Learning accesible en la educación superior basado en tres aspectos principales: legislación, guías universales y estándares universales. Los tres aspectos propuestos por Seale (2014) están complementados paralelamente por siete mediadores que toman en cuenta enfoques basados en los siguientes conceptos: discapacidad, accesibilidad, integración y segregación, responsabilidades, comunidad y trabajo en equipo y autonomía. En relación a los puntos de vistas de mediadores y enfoques de accesibilidad presentados por Seale (2014), Guglielman (2013) realiza una propuesta de metodología hacia la accesibilidad en la educación basada en cinco puntos de vista: organización del curso; metodología de enseñanza; plataformas de e-learning y software; contenidos de aprendizaje; y, políticas y regulaciones. Se destaca la propuesta de Guglielman (2013) para la aplicación de guías específicas por tipo de discapacidad en las etapas de diseño de la acción formativa.

Complementando las propuestas holísticas sobre accesibilidad en e-Learning, Santos y Boticario (2015) proponen una serie de guías prácticas para diseñar y evaluar sistemas en plataformas de aprendizaje adaptativo. Las guías se apoyan en el uso de modelos y técnicas para la definición de objetivos de aprendizaje. Estos sistemas deben estar orientados a recomendar las siguientes acciones formativas que el estudiante realizará en base a sus preferencias y contexto para alcanzar los objetivos de aprendizaje. La propuesta de Santos y Boticario (2015) está basada en las tres metodologías siguientes:

- Diseño centrado en el usuario para interacción y actividades formativas.
- Identificación de las fases del ciclo de vida de un proyecto de e-Learning en sistemas de aprendizaje personalizados.
- Evaluación sistemática de características de adaptabilidad.

En relación a la tercera fase propuesta por Seale (2007), que busca fomentar la creación de programas institucionales para crear conciencia y abordar los problemas de accesibilidad a todo nivel, McAndrew et al. (2012) presentan el caso de éxito en la institución Open University en el Reino Unido. Esta experiencia destaca la necesidad de tomar en cuenta la accesibilidad en todas las fases del proceso educativo. Resalta la necesidad de formación para las diferentes personas involucradas en el proceso educativo, iniciando por las autoridades directivas de la institución. Slater et al. (2015) describen los cambios institucionales que han ocurrido en su institución, particularmente mencionan la incorporación de la figura de un especialista en accesibilidad para apoyar las diferentes acciones inclusivas de la institución.

El aseguramiento de la calidad es uno de los aspectos fundamentales de los modelos de procesos en el ciclo de vida de programas virtuales accesibles. Burgstahler (2006) propuso un conjunto de diez indicadores para la medición de la accesibilidad en programas de educación a distancia. Estos indicadores propuestos se basan en cuatro roles de participantes: (1) los estudiantes actuales y estudiantes potenciales, (2) diseñadores de aprendizaje, (3) instructores, y (4) evaluadores. Cooper et al. (2012) también han propuesto métricas de accesibilidad web basadas en el estándar británico BS 8878:2010 (BS, 2010), que presenta un código de práctica para la accesibilidad web compuesto de 16 pasos y centrado en un enfoque de experiencia del estudiante.

En relación a marcos de referencia para describir, comparar, analizar e implementar proyectos educativos es posible identificar la norma ISO/IEC 19796 (ISO, 2005), la cual identifica siete procesos relevantes dentro del ciclo de vida de los sistemas de información y comunicación utilizados para el aprendizaje, educación y formación. Los siete procesos son: (1) Análisis de necesidades, (2) Análisis del marco, (3) Concepción

y Diseño, (4) Desarrollo y Producción, (5) Implementación, (6) Aprendizaje, y (7) Evaluación y Optimización. Cada uno de los procesos contiene una serie de sub-procesos para un total de 38 sub-procesos.

La norma ISO/IEC 19796 está compuesta de cinco partes que están descritas en documentos que proveen definiciones y ejemplos de implementaciones exitosas. La primera parte define los fundamentos de la norma. Se destaca la tercera parte de la norma, ISO/IEC 19796-3 (ISO, 2009), que presenta la propuesta para describir las técnicas y procedimientos involucrados en los procesos de un ciclo de vida de un proyecto educativo virtual, también establece cómo describir los productos que se obtienen de las técnicas utilizadas y es utilizada para definir las métricas disponibles para verificar la calidad de los productos relacionados con cada fase del proceso de aprendizaje. Es importante resaltar la próxima versión de la norma se encuentra en revisión y ha sido identificada como ISO/IEC 36000 (ISO, 2015). Esta nueva versión extiende el marco propuesto en base a prácticas exitosas de implementación, pero al igual que su predecesora, carece de aspectos específicos relacionados con la accesibilidad en la formación virtual.

Entre los ejemplos de modelos de procesos educativos implementados por otras entidades se pueden mencionar los siguientes: Alemania cuenta con la norma DIN PAS 1032-1 (DIN, 2004) enfocada en e-Learning; Francia utiliza la norma AFNOR Z 76-001 (AFNOR, 2004); China dispone de la norma CELTSC (Yi et al., 2004) y en España ha sido adaptada la norma UNE-EN ISO/IEC 19796-1 (AENOR, 2010), y se ha creado la norma UNE 66181, con indicadores de calidad, entre los que se encuentra la accesibilidad (AENOR, 2012).

1.3 Objetivo de la tesis

El objetivo general de esta tesis es proponer y validar una metodología integral que tome en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Este trabajo busca proponer una metodología que facilite el cumplimiento de estándares de accesibilidad a los distintos actores que intervienen en el proceso educativo, tanto a nivel de implementación tecnológica como a nivel didáctico en todo el proceso de diseño de cursos en modalidad e-Learning. Este objetivo se descompone en los siguientes sub-objetivos:

- O1: Analizar el estado de arte de la aplicación de accesibilidad en los procesos y componentes de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia internacional.

- O2: Analizar los estándares de accesibilidad web relacionados con plataformas de e-learning y de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs).
- O3: Proponer una solución metodológica concreta, incorporando los aspectos de accesibilidad en los procesos y componentes de un marco de referencia de un proyecto educativo virtual que permitan validar los resultados de la misma.
- O4: Definir y validar la propuesta por medio de la creación de cursos orientados a los diferentes actores de un proyecto educativo virtual accesible, en especial hacia los estudiantes con discapacidad.
- O5: Definir formalmente la metodología propuesta para la creación de un proyecto educativo virtual accesible.

En base a los objetivos es posible plantear las siguientes preguntas de investigación:

PI1. ¿Se pueden mejorar o completar, con aspectos de accesibilidad, los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente?

PI2. ¿Se pueden incorporar los aspectos de accesibilidad en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible para crear una metodología integral?

PI3. ¿Es posible diseñar un curso virtual accesible utilizando la metodología propuesta?

PI4. ¿Se puede diseñar una metodología para proyectos educativos virtuales accesibles que pueda ser aplicada por cualquier docente sin necesidad de conocimientos específicos?

PI5. ¿Los estudiantes con discapacidad pueden seguir independientemente y aprobar un curso virtual desarrollado siguiendo la metodología propuesta?

PI6. ¿Se puede definir semánticamente una metodología propuesta de un proyecto educativo virtual accesible?

PI7. ¿Es posible determinar procedimientos sistemáticos para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC?

PI8. ¿Qué tipo de cursos o talleres se deben crear para la formación y sensibilización de los diferentes actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible?

1.4 Metodología

La revisión de literatura sobre las metodologías existentes para la definición de procesos de cursos virtuales y la identificación de los diferentes aspectos a tomar en cuenta para

ofrecer una formación virtual accesible e inclusiva, ha permitido identificar la carencia de una metodología en accesibilidad con un enfoque holístico y adaptable a cualquier contexto. Es por ello que en el marco de tres proyectos de cooperación entre instituciones de educación superior de Europa y Latinoamérica el doctorando ha desarrollado una metodología integral para la creación de cursos virtuales accesibles. La revisión de literatura ha permitido definir tres fundamentos a tomar en cuenta para realizar la propuesta de metodología:

Fundamento 1: Debido a la diversidad de procesos existentes para la creación de cursos virtuales, la elección del marco de referencia propuesto por la norma ISO/IEC 19796 (ISO, 2005) permite trabajar sobre una base replicable que sea fácilmente adaptable por otras instituciones educativas.

Fundamento 2: Las tres acciones para desarrollar prácticas de aprendizaje accesible propuestas por Seale (2007) basadas en desarrollo de contenidos, acciones formativas y creación de conciencia institucional en accesibilidad, deben ser incorporadas en los diferentes componentes de un proyecto virtual accesible.

Fundamento 3: Es importante contemplar la formación del personal involucrado en los diferentes procesos de un proyecto educativo virtual. La formación debe estar fundamentada en la base de generación de conciencia entre los participantes sobre la importancia de crear contenidos y actividades accesibles, en especial para los estudiantes con discapacidad.

Después de la revisión de literatura se han realizado las siguientes fases:

- Fase 1: Construcción de la metodología propuesta basada en la norma ISO/IEC 19796.
- Fase 2: Validación de la metodología propuesta mediante la creación de un curso de formación para docentes.
- Fase 3: Preparación de propuesta sistemática para la evaluación de la accesibilidad de campus virtuales y plataformas de cursos masivos abiertos en línea (MOOC).
- Fase 4: Creación de un curso para la formación de administradores de campus virtuales en aspectos de accesibilidad.
- Fase 5: Preparación de cursos virtuales utilizando la metodología propuesta, orientados a estudiantes con discapacidad para mejorar su inserción laboral.
- Fase 6: Preparación de una propuesta formal semántica de la metodología.
- Fase 7: Evaluación general de las fases iniciales y contraste con objetivos y preguntas de investigación.

1.5 Resumen del contenido

Teniendo en mente las preguntas de investigación planteadas para la tesis, el trabajo se centra en presentar una serie de artículos que han sido publicados por el doctorando en revistas de impacto en el índice JCR (Journal Citation Reports).

Con estos trabajos se consiguen los objetivos planteados, avalando las preguntas de investigación de partida.

El primer trabajo (Amado-Salvatierra et al., 2016), publicado en la revista *Journal of Universal Computer Sciences*, presenta un análisis del estado del arte sobre aspectos técnicos relacionados con la accesibilidad en proyectos educativos virtuales. El desarrollo del artículo expone una propuesta, incluyendo aspectos de accesibilidad, para cada uno de los procesos y componentes de una metodología basada en la norma ISO 19796. Dicha propuesta es presentada con una definición semántica formal. En la publicación se detalla la creación de siete cursos, preparados utilizando la metodología propuesta, uno de ellos orientado a la formación de docentes sobre aspectos de accesibilidad en cursos virtuales y seis cursos orientados a jóvenes con el objetivo de mejorar su inserción laboral. Para los cursos se ha contado con la participación de 748 docentes de al menos 150 instituciones educativas diferentes, así como un total de 937 estudiantes, incluyendo estudiantes con discapacidad.

A continuación, el segundo trabajo (Martín, Amado-Salvatierra e Hilera, 2016), publicado en la revista: *International Journal of Engineering Education* presenta una revisión del estado del arte de los estándares de accesibilidad web aplicables a las plataformas educativas virtuales. En este caso particular se realiza un análisis sobre ocho de las más populares plataformas utilizadas para cursos en modalidad de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs). El desarrollo del artículo expone un procedimiento sistemático que puede ser seguido para evaluar la accesibilidad de una plataforma educativa utilizando herramientas de validación automática, así como un ejercicio de evaluación heurística. El artículo concluye en el momento del estudio que las plataformas que mejor cumplen los requerimientos de accesibilidad son edX y FutureLearn.

Finalmente, se presenta la tercera publicación de relevancia de este trabajo de tesis (Amado-Salvatierra, Hilera y Otón, 2017) que ha sido publicada en la revista *Educación XX1*. En el trabajo se propone un marco metodológico de referencia para tomar en cuenta la accesibilidad en los diferentes procesos del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual. En el marco de una iniciativa de cooperación entre universidades europeas y latinoamericanas, la metodología ha sido difundida mediante un proceso de formación docente a gran escala. Se han impartido un total de 12 ediciones del curso

preparado con 8 ediciones en formato semipresencial y 4 online. Un total de 1182 docentes han sido formados (509 hombres y 673 mujeres). Dicho trabajo aporta una metodología basada en un marco para la descripción de la calidad de procesos de formación. Esto permitirá que cualquier institución pueda tomarla como referencia y realizar las adaptaciones necesarias para incorporar la accesibilidad en sus procesos de producción de cursos virtuales.

La tesis incluye además otros trabajos referenciados que, si bien no han sido seleccionados para el compendio de publicaciones en general, han sido realizados por el doctorando y permiten complementar las respuestas a las preguntas de investigación planteadas, y a la vez difundir los aportes a la comunidad científica. Tanto los artículos principales como el detalle de las publicaciones complementarias se presentan en las siguientes secciones.

Por último, para dar una visión general de cómo los objetivos planteados son alcanzados se presenta la Tabla 1, en la que se relacionan las publicaciones con dichos objetivos. El símbolo "X" en la intersección entre la publicación y el objetivo indica que el objetivo ha sido alcanzado y el símbolo "(X)" indica que el objetivo ha sido parcialmente alcanzado con dicha publicación. De la misma manera se presenta la Tabla 2, que relaciona la relación entre las preguntas de investigación y las publicaciones presentadas. En las secciones siguientes se dedica un apartado a cada publicación para detallar cómo las mismas permiten responder y generar afirmaciones respecto a las ocho preguntas de investigación que plantea este trabajo de tesis. En las Tablas 1 y 2, se ha añadido también una primera columna en la que se indica el apartado concreto de esta tesis doctoral donde se presenta la publicación referenciada.

Apartado	Título	O1	O2	O3	O4	O5
2	Publicación I (Artículo JCR): Towards a semantic definition of a framework to implement accessible e-learning projects	X		X	X	X
3	Publicación II (Artículo JCR): MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms	X	X			
4	Publicación III (Artículo JCR): Formalización de un Marco Metodológico Para la Implementación de un Proyecto Educativo Virtual Accesible	X		X	X	X
5.1	Publicación IV (Artículo SJR): Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments	(X)				
5.2	Publicación V (Artículo SJR): Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results			(X)		
6.1	Publicación VI (Congreso CORE): An open online course with accessibility features		(X)		(X)	
6.2	Publicación VII (Congreso CORE): Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America				(X)	
6.3	Publicación VIII (Congreso CORE): Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment			(X)	(X)	
6.4	Publicación IX (Congreso CORE): Towards a Methodology for Curriculum Development within an Accessible Virtual Campus					(X)
6.5	Publicación X (Congreso CORE): A method to evaluate accessibility in e-learning education systems	(X)	(X)			
6.6	Publicación XI (Congreso CORE): Towards an approach for a massive web accessibility training				(X)	
7.1	Publicación XII (Capítulo de Libro): Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses		X			
7.2	Publicación XIII (Libro): Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles			X		X

Tabla 1. Relación entre los objetivos de la tesis y publicaciones presentadas.

Apartado	Título	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	PI7	PI8
2	Publicación I (Artículo JCR): Towards a semantic definition of a framework to implement accessible e-learning projects	X	X	X	X	X	X		X
3	Publicación II (Artículo JCR): MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms							X	
4	Publicación III (Artículo JCR): Formalización de un Marco Metodológico Para la Implementación de un Proyecto Educativo Virtual Accesible	X	X	X	X				X
5.1	Publicación IV (Artículo SJR): Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments	(X)							
5.2	Publicación V (Artículo SJR): Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results			(X)	(X)				X
6.1	Publicación VI (Congreso CORE): An open online course with accessibility features					(X)			
6.2	Publicación VII (Congreso CORE): Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America			X				(X)	(X)
6.3	Publicación VIII (Congreso CORE): Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment			X	X				X
6.4	Publicación IX (Congreso CORE): Towards a Methodology for Curriculum Development within an Accessible Virtual Campus	(X)	(X)						
6.5	Publicación X (Congreso CORE): A method to evaluate accessibility in e-learning education systems							(X)	
6.6	Publicación XI (Congreso CORE): Towards an approach for a massive web accessibility training			(X)				(X)	(X)
7.1	Publicación XII (Capítulo de Libro): Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses							X	(X)
7.2	Publicación XIII (Libro): Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles	X	X						

Tabla 2. Relación entre las preguntas de investigación y publicaciones presentadas.

1.6 Contribuciones

A nivel global, una vez presentados los contenidos de la tesis, así como su relación con los objetivos iniciales y las preguntas de investigación planteadas, las aportaciones de este trabajo de tesis son las que se describen a continuación.

Este trabajo propone una metodología integral que toma en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Concretamente, la metodología se basa en un marco de referencia internacional con el objetivo que cualquier institución pueda comparar, adaptar y complementar sus propios procesos para incorporar los aspectos de accesibilidad en su formación virtual. El trabajo de tesis ha generado como producto un libro guía, editado en español e inglés, que puede ser usado como referencia por cualquier institución educativa.

A nivel formativo, es importante destacar que el trabajo realizado en torno a este proyecto de tesis ha permitido generar cuatro cursos de formación destinados a los actores que intervienen en el proceso educativo. Se resalta que ha sido posible validar tanto la metodología propuesta, como los cursos implementados en campus virtuales accesibles, mediante la preparación e impartición de seis cursos orientados a la mejora de la inserción laboral de jóvenes. Los cursos han contado con la participación de estudiantes con discapacidad gracias a la valiosa difusión de diversas organizaciones de personas con discapacidad destacando la Unión Latinoamericana de Ciegos (ULAC).

Finalmente es importante mencionar que a pesar que en el año 2017, un total de 172 países han ratificado la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad, actualmente al no existir en la mayoría de los países una legislación que refuerce la necesidad de brindar educación virtual accesible, las instituciones no le prestan atención a dicha necesidad. El trabajo realizado en el marco de este trabajo de tesis, apoyado por tres proyectos de cooperación en América Latina ha permitido realizar una tarea de sensibilización masiva en las Instituciones de Educación Superior, especialmente en 18 países de América Latina y en España, Portugal y Finlandia.

1.7 Tesis doctoral como compendio de publicaciones

La realización de una tesis doctoral como compendio de publicaciones está recogida en el Reglamento de Elaboración, Autorización y Defensa de la Tesis Doctoral (Aplicación del RD 99/2011, de 28 de enero. BOE 10 de Febrero de 2011. Aprobado en la Comisión de Estudios Oficiales de Posgrado y 17 la Comisión de Doctorado en Sesión de 18 de enero de 2012. Artículo 5d.), dentro del programa de Doctorado de Ingeniería de la Información y del Conocimiento. De esta forma, el doctorando tiene la opción de presentar su tesis como un compendio de tres artículos en revistas de reconocido prestigio. Las publicaciones, tienen que estar enmarcadas dentro de un discurso único y las mismas estarán focalizadas bajo una hipótesis de partida y una consecución de objetivos concretos.

En el caso de este trabajo de tesis, se han seleccionado las publicaciones en revistas de impacto en el índice JCR (Journal Citation Reports). Las publicaciones están enmarcadas bajo la hipótesis de partida que radica en la propuesta de aportes metodológicos para la mejora de la accesibilidad en la enseñanza basada en e-Learning. Las publicaciones permiten, tal y como se mostró en la Tabla 1, la consecución de los objetivos planteados. De la misma forma, la Tabla 2, permite identificar la relación entre las preguntas de investigación planteadas y las publicaciones presentadas.

Además, la tesis se refuerza con otras publicaciones que, si bien no han sido las seleccionadas en el compendio, incluyen trabajos publicados en revistas de impacto en el índice SJR (Scimago Journal Ranking), o bien trabajos aceptados en conferencias de gran relevancia recogidas en el índice CORE (Computing Research & Education). Entre los congresos se destacan: "IEEE Frontiers in Education", "IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies" y el congreso "ICCHP International Conference on Computers Helping People with Special Needs". La Tabla 3 presenta un resumen de las publicaciones realizadas en el marco de este trabajo de tesis.

Tipo de publicación	Cantidad
Publicaciones en revistas indexadas en JCR (Journal Citation Reports)	3
Publicaciones en revistas indexadas en SJR (Scimago Journal Ranking)	2
Publicaciones en congresos en el índice CORE	6
Capítulos de libro	1
Libros	1
Otras publicaciones	20
<i>Total</i>	33

Tabla 3. Publicaciones pertenecientes a la tesis doctoral

1.7.1 Publicaciones en revistas de impacto indexadas en JCR

Las publicaciones en revistas de impacto indexadas en el Journal Citation Reports (JCR) se presentan respectivamente y por su orden cronológico en la sección II de esta tesis. En la Tabla 4 se presentan las referencias concretas.

Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J. R., Otón, S., Hernández, R., Piedra, N. (2016). <i>Towards a Semantic Definition of a Framework to Implement Accessible e-Learning Projects</i> . Journal of Universal Computer Science, 22(7), 921-942.
Martín, J.L., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, H.R. (2016). <i>MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms</i> . International Journal of Engineering Education 32 (5(B)), 2374–2383.
Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J.R., Otón, S. (2017). <i>Formalización de un marco metodológico para la implementación de un proyecto educativo virtual accesible</i> . Educación XX1. (En prensa).

Tabla 4. Publicaciones en revistas de impacto indexadas en JCR

1.7.2 Publicaciones en revistas de impacto indexadas en SJR

Las publicaciones en revistas de impacto indexadas en el Scimago Journal Ranking (SJR) se presentan respectivamente y por su orden cronológico en la sección III de esta tesis. En la Tabla 5 se presentan las referencias concretas.

Amado-Salvatierra, H. R., Hernández, R., Hilera, J. R. (2012). <i>Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments</i> . Procedia Computer Science, 14, 363-370.
Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J. R. (2015). <i>Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results</i> . Interactive Technology and Smart Education, 12(3), 158-168.

Tabla 5. Publicaciones en revistas de impacto indexadas en SJR

1.7.3 Publicaciones en congresos de impacto CORE

La modalidad de tesis por compendio de publicaciones incluye también la realización de otros trabajos que o bien no están enmarcados de manera exacta en el discurso de la tesis, pero que guardan una relación directa con los mismos, o bien tienen menor valor en indicios de calidad que las publicaciones JCR derivadas de la tesis.

En este sentido, en la Tabla 6 se presentan las publicaciones del doctorando que pueden agruparse en este bloque. Son publicaciones presentadas en congresos de impacto en el ranking CORE (Computing Research & Education). Todas ellas son descritas de manera detallada en la sección III de este trabajo de tesis.

Hernández R., Chang, V., Gütl, C., Amado-Salvatierra, H. (2013). <i>An open online course with accessibility features</i> . In Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, 635-643.
Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Hilera, J.R. (2014). <i>Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America</i> . In Frontiers in Education Conference (FIE), 2440-2443. IEEE Press.
Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R. (2014). <i>Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment</i> . In Frontiers in Education Conference (FIE), 2901-2907. IEEE.
Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., García-Cabot, A., García-López, E., Batanero, C., Otón, S. (2014). <i>Towards a Methodology for Curriculum Development within an Accessible Virtual Campus</i> . In Conference on Computers Helping People with Special Needs, 338-341. Springer International Publishing
Batanero, C., Karhu, M., Holvikivi, J., Otón, S., Amado-Salvatierra, H. R. (2014). <i>A method to evaluate accessibility in e-learning education systems</i> . In IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 556-560.
Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Batanero, C., Otón, S. (2014). <i>Towards an approach for a massive web accessibility training</i> . 11th International Conference Applied Computing, 230-233.

Tabla 6. Publicaciones en congresos de impacto en el índice CORE

1.7.4 Libros y capítulos en libros

Se destaca también que como parte de este trabajo de tesis el doctorando ha publicado un capítulo de libro y ha editado un libro con la propuesta metodológica desarrollada. Ambas publicaciones se listan la Tabla 7 y son detalladas en la sección III de esta tesis.

Otón, S., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, J.R., García, E., García, A. (2015). <i>Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses</i> . E-learning - Instructional design, organizational strategy and management. 415-438. ISBN 978-953-51-2188-6.
--

Amado-Salvatierra, H.R., Quan, L.R., Hernández, R. (2015). <i>Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles, Segunda edición</i> . Universidad Galileo ISBN: 978-9929-40-658-2.

Tabla 7. Publicaciones de libros y capítulos de libro

1.7.5 Otras publicaciones relacionadas

Finalmente, se destacan un total de 20 publicaciones derivadas de este trabajo de tesis en otros congresos relacionados con la accesibilidad, calidad y educación virtual. Es posible destacar los siguientes congresos: CAFVIR (Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual), ATICA (Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas) y ATICAcces (Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para Mejorar la Accesibilidad). El listado de las publicaciones se presenta en la Sección III.

Sección II: Tesis doctoral como compendio de publicaciones

2. Publicación I (Artículo JCR): Towards a semantic definition of a framework to implement accessible e-learning projects

2.1 Descripción de aportes al objetivo de la tesis

El primer artículo que forma parte de este trabajo de tesis fue publicado en 2016 en la revista: *Journal of Universal Computer Sciences* (Amado-Salvatierra et al., 2016).

El artículo en su conjunto representa la base de este trabajo de tesis, principalmente porque permite alcanzar buena parte de los objetivos y aporta respuestas a las principales preguntas de investigación que se detallan a continuación.

El artículo presenta en su sección 2 un análisis del estado del arte sobre aspectos técnicos relacionados con la accesibilidad en proyectos educativos virtuales. En el mismo se presenta una recopilación de las principales guías propuestas por la Iniciativa de Accesibilidad Web del consorcio mundial de la web (W3C). Adicionalmente identifica una serie de estándares y guías relacionadas con la accesibilidad que tienen vigencia en la actualidad y son publicadas por organizaciones de reconocido prestigio y alta replicabilidad y referencia como ISO o IMS.

La publicación cumple el Objetivo 1 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis analizando el estado de arte de modelos didácticos y pedagógicos que buscan implementar proyectos virtuales accesibles. A la vez, identifica los marcos de referencia para la producción de proyectos educativos virtuales. Se identifica claramente la carencia de un marco de referencia que tome en cuenta los aspectos de accesibilidad; sin embargo, se identifica la norma ISO 19796 como un punto de partida para incorporar los aspectos de accesibilidad a cada uno de los procesos y componentes de un proyecto educativo basado en modalidad e-learning.

El desarrollo del artículo expone una propuesta, incluyendo aspectos de accesibilidad, para cada uno de los procesos y componentes de una metodología basada en la norma ISO 19796. De esta forma, el trabajo presentado en este artículo responde a las preguntas de investigación PI1 y PI2, demostrando que es posible complementar con

aspectos de accesibilidad, los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente, en este caso la norma ISO 19796. Concretamente, el artículo propone una solución metodológica concreta que incorpora los aspectos de accesibilidad en sus procesos y componentes que totalizan 467 elementos (actividades, tareas, productos, métodos, métricas y participantes), cumpliendo de esta forma el Objetivo 3 planteado en la Apartado 1.3.

Posteriormente, el artículo presenta el proceso de validación de la propuesta creada por medio de la creación de cursos virtuales haciendo uso de la metodología diseñada, cumpliendo de esta forma el Objetivo 4 de este trabajo de tesis. Puntualmente, se responde a la pregunta de investigación PI3, que cuestiona sobre la posibilidad de diseñar un curso virtual accesible utilizando la metodología. En la publicación se detalla la creación de siete cursos, uno de ellos orientado a la formación de docentes sobre aspectos de accesibilidad en cursos virtuales y seis cursos orientados a personas con discapacidad con el objetivo de mejorar su inserción laboral.

En relación al curso de formación para docentes, preparado siguiendo la metodología propuesta, se describe la preparación de un curso virtual accesible que fue impartido en cuatro ediciones distintas y cursado por un total de 748 docentes de al menos 150 instituciones educativas diferentes. Es importante destacar que los docentes fueron formados en el uso de la metodología propuesta. En el curso los docentes tenían entre sus actividades la realización de una propuesta de un curso virtual. Contando con al menos 336 docentes aprobados, la experiencia ha generado más de 300 propuestas de cursos que han utilizado la metodología por lo que es posible responder afirmativamente a la pregunta de investigación PI4 de la siguiente forma: La metodología propuesta para diseño de proyectos educativos virtuales accesibles puede ser aplicada por cualquier docente sin necesidad de conocimientos específicos adicionales.

El trabajo presentado en el artículo detalla la creación de seis cursos virtuales orientados a jóvenes con el objetivo de mejorar su inserción laboral, es importante destacar que los cursos fueron creados siguiendo la metodología propuesta. Dicho trabajo describe el proceso de convocatoria e impartición de los seis cursos. En el mismo se da cuenta de un total de 937 estudiantes que tomaron al menos uno de los cursos. Del total de estudiantes aprobados, 421 estudiantes, se resalta que 357 estudiantes declararon tener algún tipo de discapacidad, ya sea física o sensorial; de esta forma es posible respaldar el Objetivo 4 (Apartado 1.3) y responder afirmativamente a la pregunta de investigación PI5, confirmando lo siguiente: Los estudiantes con discapacidad pueden

seguir independientemente y aprobar un curso virtual desarrollado siguiendo la metodología propuesta.

El artículo presenta en su sección 4 una descripción del proceso de implementación de la metodología y propone una definición semántica para la descripción de los componentes que la conforman y la relación entre ellos. De esta forma es posible cumplir el Objetivo 5 (Apartado 1.3) y dar respuesta a la pregunta de investigación PI6 que cuestiona sobre la posibilidad de definir semánticamente la metodología propuesta para un proyecto educativo virtual accesible.

Finalmente, el trabajo publicado en la revista *Journal of Universal Computer Sciences*, aporta para contestar la pregunta de investigación PI8, identificando que se debe preparar un curso de formación para docentes, como uno de los actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Resulta importante contemplar como actor involucrado a los estudiantes mismos, y haber demostrado que los cursos preparados puedan ser aprobados por estudiantes con discapacidad.

2.2 Índices de calidad

<p>Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J. R., Otón, S., Hernández, R., Piedra, N. <i>Towards a Semantic Definition of a Framework to Implement Accessible e-Learning Projects.</i> Journal of Universal Computer Science Vol. 22, No.7, pp. 921-942. ISBN/ISSN: 0948-6968 DOI: http://dx.doi.org/10.3217/jucs-022-07-0921 J.UCS Consortium Enviado 04/08/2015, Aceptado 16/06/2016, Publicado 01/07/2016</p>	
Resumen	<p>El artículo presenta un análisis del estado del arte sobre aspectos técnicos relacionados con la accesibilidad en proyectos educativos virtuales. El desarrollo del artículo expone una propuesta, incluyendo aspectos de accesibilidad, para cada uno de los procesos y componentes de una metodología basada en la norma ISO 19796. Dicha propuesta es presentada con una definición semántica formal. En la publicación se detalla la creación de siete cursos, preparados utilizando la metodología propuesta, uno de ellos orientado a la formación de docentes sobre aspectos de accesibilidad en cursos virtuales y seis cursos orientados a jóvenes con el objetivo de mejorar su inserción laboral. Para los cursos se cuenta con la participación de 748 docentes de al menos 150 instituciones educativas diferentes, así como un total de 937 estudiantes, incluyendo estudiantes con discapacidad.</p>
Indicios de Calidad	<p>La revista JUCS (Journal of Universal Computer Science) está referenciada en el ISI Journal Citation Reports (JCR) de Thomson Reuters/Web of Science (Science Citation Index) con un índice de impacto de 0.546 (2015). En los últimos 5 años (2011-2015), su índice general de impacto es de 0.566. La revista tiene la característica de ser de acceso libre, garantizando su mayor difusión. La revista se publica desde el año 1994 con una publicación promedio de 12 ediciones al año incluyendo ediciones especiales (Special Issues). La revista está registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.429 (2015).</p>

Tabla 8. Resumen de publicación I

2.3 Artículo

Towards a Semantic Definition of a Framework to Implement Accessible e-Learning Projects

Hector R. Amado-Salvatierra

(Universidad Galileo, Guatemala City, Guatemala
hr_amado@galileo.edu)

José R. Hilera

(Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Spain
jose.hilera@uah.es)

Salvador Otón Tortosa

(Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Spain
salvador.oton@uah.es)

Rocael Hernández Rizzardini

(Universidad Galileo, Guatemala City, Guatemala
roc@galileo.edu)

Nelson Piedra

(Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador
nopiedra@utpl.edu.ec)

Abstract: The growth of education faces a constant evolution, and the adoption of new technologies for education is reflected in the inclusion of virtual courses in the educational process. However, accessibility in cloud-based applications, virtual platforms and online courses has not been widely taken into account in the educational process. In this sense, the inclusion of accessibility features for online applications and digital content represents a very important benefit for everyone, but in the context of e-learning, it is imperative for students with disabilities. The lack of interest and awareness in online accessibility for education is especially evident in developing countries that do not have legislation that encourages stakeholders to bear in mind accessibility features for web-based applications and contents.

This paper proposes a methodological framework to take into account accessibility in the different processes of the life cycle of a virtual educational project. In this work, a semantic definition based on a conceptual model of the identified components for this methodology is presented. The proposed methodology has been prepared under an iterative design process, based on an international standard and complemented with online resources for dissemination.

In order to validate and improve the methodological framework, seven accessible virtual training courses were prepared following the phases and components defined in the methodology. The seven courses were promoted in an open call for participation launched in Latin America with the support of a cooperation initiative between European and Latin American universities called ESVI-AL. At the end of the experience, a total of 748 teachers and 937 students from 150 different educational institutions were enrolled. The participants in the experience provided comments and suggestions for further improvement. The proposed work is intended to be used as a reference for educational institutions to identify the necessary changes needed to incorporate accessibility into their own production processes for virtual courses.

Keywords: Accessibility, Instructional Design, Educational Technology, Ontologies
Categories: K.3.1 K.4.2 K.4.3 K.5.0 L.2.2 L.3.0 L.3.5 L.1.3 L.1.4

1 Introduction

There is a wide range of diversity of people and abilities; this is why web and software developers should be aware of how people with disabilities interact with computers. In this regard, there are many reasons why people may be experiencing accessibility barriers. The diversity of disabilities can be summarized in six groups: auditory, cognitive, neurological, physical, speech and visual disabilities [Abou-Zahra, 12]. Nevertheless, accessibility is a benefit for all people, including people with age-related impairments, temporary disabilities or technological limitations.

The Web Accessibility Initiative (WAI) was created with the mission to encourage developers to understand the principles of accessibility and design systems and solutions for everyone. The aim is to promote the use of the Web as an instrument for all people, regardless of their hardware, software, language, location, culture or physical or mental ability. [W3C, 12a]. On this matter, accessibility in web systems has a great impact to all levels in the information society, particularly in virtual education or e-learning. In developed countries such as United States, United Kingdom, Spain or Canada, there is legislation on accessibility at all levels, especially for web-based systems. These laws promote the development of accessible systems. However, in developing countries, there is a big difference in terms of legislation on accessibility, technological limitations and access to assistive technologies for people with disabilities [Kelly et al., 10].

E-learning accessibility is a complex endeavor that involves a multidisciplinary effort mainly from a technological, didactic and administrative perspectives. In this respect, an e-learning platform should be accessible, but the most important part is the e-learning content in order to have an effective solution. The technical staff in an educational institution should be aware of the different accessibility standards and assistive technologies. However, teachers, tutors and instructional designers should be encouraged to understand the needs of a diverse population of students in order to create accessible content [Fichten et al., 09a] [Fichten et al., 09b], improve alternative teaching methods and evaluate different strategies for assessment. Therefore, there is a need to have a holistic approach for the implementation of accessible virtual educational projects in different contexts.

This work aims to provide a holistic approach towards the implementation of accessible virtual educational projects. The proposed solution takes into account the different accessibility aspects involved in the processes for the creation of accessible virtual courses. This work presents a methodological framework based on the international standard ISO/IEC 19796. The proposed framework details the adaptations to incorporate accessibility in the different production processes for online courses. It is a seven-part process model within the life cycle of virtual learning environments. As an accessibility framework based on an international standard, it may be used by any educational institution to describe, compare and adapt their own processes towards an accessible virtual education.

The proposed framework is a result of a cooperation initiative between higher education institutions in Europe and Latin America. The initiative was called ESVI-

AL and was partially funded by the European Union. The cooperation initiative allowed to validate the proposal in ten higher education institutions with different contexts. These universities are from seven Latin American countries (Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Paraguay, Peru and Uruguay) and from three countries in Europe (Finland, Portugal and Spain). Moreover, the proposal was disseminated in a massive online training course for teachers and students from more than 150 educational institutions.

This paper is organized as follows: [Section 2] presents an overview of the state of the art related to accessibility in virtual education. Then [Section 3] presents the proposed methodological framework processes and components. Later on, [Section 4] presents a semantic definition of the framework towards accessible e-learning projects and describes the dissemination resources prepared using the semantic definition are described. [Section 5] then presents the results of the validation process used for the proposed methodology. Finally, conclusions and future work are presented in [Section 6].

2 Overview of the State of the Art

Two types of literature are relevant for this work and will be reviewed briefly: the literature on the evaluation of technical aspects and learning technologies related to accessibility for e-learning platforms, and the literature on didactic methods and proposed models for a holistic e-learning project.

2.1 Technical aspects related to accessibility in e-learning

The Web Accessibility Initiative (WAI) brings together a multidisciplinary group of people with expertise in different sectors from academy, industry, disability government and the most important group, final users with disabilities led by disability organizations [W3C, 12a]. This group develops standards, guidelines, resources and techniques for making accessible websites, authoring tools, web applications and digital content. A summary of the main standards and guidelines useful for technical staff in educational institutions is presented in [Tab. 1].

Besides the standards and guidelines published by the WAI [W3C, 12a], the International Organization for Standardization (ISO) and other entities, as an example, the European Committee for Standardization (CEN), American National Standards Institute (ANSI) and the IMS Consortium, provide standards and specifications to manage accessibility in different aspects related to education. In this sense, Santos et al. [Santos et al., 11] compiled several standards with a special emphasis on addressing accessibility for an educational context. The standards are classified by scope and interaction aspects as the following: content, hardware, software, adaptation and user interfaces. Hilera et al. [Hilera et al., 13] presented a study related to web content in educational institutions; the authors compiled a group of standards related to web content when dealing with educational settings. A summary of the most relevant standards for this work is presented in [Tab. 2].

People with disabilities use assistive technologies to surpass the different barriers they may experience when interacting with computers to accomplish a personal independence. The term assistive technology is used to refer to equipment, devices,

applications and systems intended to help people with disabilities for everyday activities. In this sense, Burstahler et al. [Burstahler et al., 11] present a compilation of the most used assistive technology based on the type of disability and Seale [Seale, 07] describes how students with disabilities use assistive technology to achieve learning outcomes. Complementarily, Hersh [Hersh, 14] proposes an evaluation framework to classify assistive technologies based on different aspects: accessibility and usability, compatibility, learning outcomes, end-user factors and technology-related factors among others.

Id	Title	Scope
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines 2.0	Accessible websites. Provides principles, guidelines, techniques and success criteria to create perceivable, operable, understandable and robust web content.
WAI-ARIA	Accessible Rich Internet Applications 1.0	Interaction. Provides semantic information for widgets, structures and behaviors.
UAAG	User Agent Accessibility Guidelines 1.0	Browsers, media players and assistive technologies. Defines how user agents should support keyword navigation and respond to roles and properties.
ATAG	Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0	Tools to produce accessible web content. Related to applications intended to create reusable educational resources.
EARL	Evaluation and Report Language 1.0	Evaluation tools. Provides a standardized vocabulary to express accessibility test results.
IndieUI	Independent User Interface	Definition of user preferences. Abstraction between device-specific user interaction events.
Mobile A11Y	Mobile Accessibility Working Draft	Informative guidance to interpreting and applying WCAG guidelines to web and non-web mobile content and applications.

Table 1: Summary of standards and guidelines WAI [W3C, 12a]

2.2 Didactic methods and proposed models for an accessible e-learning

The life cycle of an e-learning project is divided in different processes, concepts, products and stakeholders involved in the educational activities. The processes that make up the life cycle of a virtual educational project are usually based on empirical experiences for the education institutions. Processes are defined with the support of successful experiences of implementation of e-learning projects and there is no generic or common formula to follow. Because of this diversity of implementation models, the International Organization for Standardization proposed the standard ISO/IEC 19796 [ISO, 05]. The standard is a basic framework for quality development in organizations within the field of learning, education, and training. It was defined as a framework to describe, compare and analyze quality management and quality assurance approaches for e-learning projects. The aim of this standard is to identify

the components of a seven-part process model within the life cycle of a virtual education initiative. This standard may be used for educational institutions to describe the different components and processes for their own formative projects. The model produced by the institutions may be later compared with other proposals looking for a harmonization between them. The experiences of institutions implementing the standard ISO/IEC 19796 [ISO, 05] have provided valuable knowledge to improve to a new standard titled ISO/IEC 36000 [ISO, 15]. Unfortunately these standards do not address accessibility as suggested in [ISO, 14], but can be used as a reference framework to model the processes and components involved in an e-learning project with accessibility features.

Examples of formal models that can be used as a reference to be compared with the aforementioned standard ISO/IEC 19796 are: German model with a focus on e-learning DIN PAS 1032-1 [DIN, 04]; French model AFNOR Z 76-001 [AFNOR, 04]; Chinese model CELTSC [Yi et al., 04] and the Spanish model [AENOR, 10].

Title	Reference
EN 301-549 Accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in Europe.	[ETSI, 15]
ISO/IEC Guide 71 -- Guide for addressing accessibility in standards	[ISO, 14]
ISO/IEC 40500 Information technology -- W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0	[ISO, 12]
ISO/IEC TR 29138: Information technology – Accessibility considerations for people with disabilities	[ISO, 09b]
ISO/IEC 24751-1, Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training.	[ISO, 08a]
ISO/IEC 24751-2, Part 2: “Access for all” personal needs and preferences for digital delivery.	[ISO, 08b]
ISO/IEC 24751-3, Part 3: “Access for all” digital resource description.	[ISO, 08c]
ISO 9241-151 Ergonomics of human-system interaction – Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces	[ISO, 08d]
ISO 9241-171 Ergonomics of human-system interaction – Part 171: Guidance on software accessibility	[ISO, 08e]
ISO 9241-210 Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centered design for interactive systems	[ISO, 10]
IMS Global Access for All (AfA)	[IMS, 12]
IMS Guidelines for Developing Accessible Learning Applications (IMS DALA).	[IMS, 04]
IMS Learner Information Package Accessibility for LIP (IMS ACCLIP).	[IMS, 03]
CWA 15554: Specification for a Web Accessibility Conformity Assessment Scheme and a Web Accessibility Quality Mark.	[CEN, 06]
BS 8878: Web accessibility. Code of practice.	[BS, 10]
ANSI/HFES 200, Human Factors Engineering of Software User Interfaces. Part 2: accessibility	[HFES,08]

Table 2: Summary of standards and guidelines related to accessibility

Seale [Seale, 07] defines three categories to identify approaches to developing accessible learning practices. The categories are adapted to this study as follows:

1. Training for stakeholders and approaches to develop accessible environments, content, multimedia and learning objects.
2. Holistic approaches to develop accessible e-learning experiences
3. Institutional approaches to address accessibility based on the local context.

In order to identify the most relevant proposals to include accessibility in e-learning, the three categories were used to classify the different studies in [Tab. 3].

Category	Description of the proposal	Reference
1	Competencies that a teacher should have to design accessible online courses	[Smith et al., 10]
1	A curriculum in universal design competencies proposed for training to e-learning stakeholders	[CEN, 11]
1	Minimal knowledge required for teachers with students with disabilities	[Cooper, 07]
1	Adaptation of online learning resources with a proposal of a professional training in accessibility for teachers	[McAndrew et al., 12]
1	Universal Learning Design guidelines and principles towards an inclusive education	[CAST, 11]
2	A contextualized model of accessible e-learning practice in higher education based on: legislation, universal guidelines and universal standards.	[Seale, 06]
2	A holistic approach to e-learning accessibility with a framework based on: awareness, investigation, understanding, implementation and evaluation.	[Phipps and Kelly, 06]
2	A holistic approach based on a stakeholder model of accessibility.	[Kelly et al., 07]
2	An exploration of the potential role of generic pedagogical tools for an accessible e-learning initiative.	[Seale and Cooper, 10]
3	An institutional case study of the experience of providing accessible online learning for students with disabilities.	[Cooper, 07]
3	Didactic guidelines to design inclusive e-learning activities	[Guglielman, 13]
3	Development of accessibility indicators for distance learning programs	[Burgstahler, 06]
3	Guidelines for designing and evaluating recommendations in accessible personal learning environments.	[Santos and Boticario, 15]
3	Institutional change for improving accessibility at The Open University	[Slater et al., 15]

Table 3: Classification of relevant proposals to include accessibility in e-learning

3 Methodological framework for an accessible e-learning

The overview of literature in [Section 2] allowed to identify the initial actions to propose a methodological framework for a holistic approach towards an accessible e-learning project. First, the international standard ISO/IEC 19796 [ISO, 05] was selected as a reference framework to describe the processes and components of the life cycle for an e-learning project, then the accessibility features were added to the components following best practices and the guidelines presented in [ISO, 14]. Second, the components of the methodological framework and their relations were represented with an RDF vocabulary for a semantic definition. Finally, the three categories to identify approaches to developing accessible learning practices [see Section 2.2] were expressed as actions to be included in the activities in the methodology and the validation of the proposal. The identified actions are:

1. Propose a holistic approach to develop accessible e-learning experiences.
2. Validate the proposal in different contexts with a special focus on raising awareness of the importance to address accessibility in e-learning.
3. Organize a massive training for stakeholders in Latin America to disseminate and validate the methodological framework.

The proposed methodological framework is based on the standard ISO/IEC 19796 [ISO, 05]. This is a common and generic framework used to describe, specify, understand and compare the components of the life cycle of an e-learning project. This framework harmonizes existing and future approaches, components, terms, and definitions related to projects for learning, education and training [ISO, 15]. The proposed methodological framework was constructed with seven components categories: processes, activities, tasks, products, methods, metrics and participants. The description of each of the categories is presented in the following sub-sections.

3.1 Process

The methodological framework is divided into seven processes within the whole lifecycle of an accessible e-learning project. The processes are the following:

- Needs Analysis: The purpose of this process is the identification and description of demands, needs, requirements, constraints and stakeholders of an accessible virtual education project.
- Framework Analysis: The objective of this process is to identify the framework and context related to the initiative. This process involves a complete analysis of staff resources, target groups, and time and budget planning. In this phase it is important to take into account legislation and the local, political and cultural factors related to accessibility in the institution.
- Conception and Design: The aim of this phase is to define and design the different components of an educational process. Activities involve the inclusion of accessibility within the definition of learning objectives, didactical methods, organizational concepts, educational resources, interaction design and evaluation rubrics.
- Development and Production: The aim of this process is to produce the educational resources with accessibility features. This process involves the

participation of the technical staff with good knowledge of the different standards and guidelines related to accessibility [see Section 2.1].

- **Implementation:** The purpose of this phase is to implement appropriate technological components to be used in the educational process based on an accessible technical infrastructure. This process involves the testing, adaptation and activation of learning resources.
- **Learning Process:** This is the main iterative process in the methodological framework. The aim of the process is to perform the accessible learning activities designed and implemented in previous phases. This phase involves the active participation of teachers and tutors.
- **Evaluation and Optimization:** This is considered a transversal process. The objective of the process is to describe the evaluation methods, principles and procedures for quality and accessibility assurance in the educational project. This phase involves the optimization and improvement in the different processes for the accessible e-learning project.

3.2 Activity

The seven processes in the proposed methodological framework have been divided into sub-processes or activities. Each of the processes was divided into three to six activities for a total of 29 activities including accessibility features. The partition into activities enables a correct involvement from stakeholders with different experience and competencies. These activities can be planned and applied according to the specific needs and the given situation of the education organization. The activities can be organized as linear sequences, individually adapted sequences, feedback loops or parallel implementation towards an accessible e-learning project.

3.3 Task

The activities defined for each process have been broken down into tasks. A total of 79 tasks with a focus on accessibility have been proposed for the activities in the methodological framework to create accessible online courses. The tasks are mainly described by the products or results obtained. Additionally, the profiles and required competencies for the stakeholders involved in the tasks have been identified.

3.4 Product

Broadly speaking, products or results represent the main output of the action to perform a process. In the context of accessible online courses, products represent the different components of the educational process. In the case of the proposed methodological framework, products are the main output of tasks, considered as sub-processes. Therefore, in the case of the main processes, the products to be obtained are the sum of the results obtained in each of the activities and tasks in which each process is decomposed.

A total of 98 products are defined for the proposed methodology. Examples of these products are: a paragraph within a template (a learning objective), a descriptive document (a corporate accessibility policy or a catalog of educational activities), or a

learning resource (content package of an accessible training unit or an accessible video).

3.5 Method

The methodological framework is complemented with a formalized description of methods that can be easily implemented and adapted to achieve products, taking into account accessibility aspects. A total of 101 methods have been selected and defined with the format depicted in the reference model in [ISO, 09a]. The aim of the selected methods is to support stakeholders to implement concrete guidelines to achieve accessible products to be used in the educational process. Further, a set of digital templates were prepared as a reference for the users of the methodological framework towards an accessible e-learning project. The proposed templates are intended to provide a guideline to achieve a course planning, teaching guide, didactic unit, accessible document or inclusive learning activity among others.

3.6 Metric

A group of 102 metrics are proposed to validate the products that comprise the proposed methodology. In general, a metric is a measurement method and values or scales defined with the aim to validate, through the provision of objective evidence, that the accessibility requirements for specific expected results have been fulfilled. The metrics have been defined using the reference model proposed in [ISO, 09a]. The metrics have been selected with the following minimum characteristics: definition of the product under evaluation, an attribute or characteristic that is measured on the product, and clearly defined rules and scores to evaluate that the product complies or not with the required quality. The importance of an accurate definition of metrics for the different products involved in an accessible e-learning project resides in the fact that products and the implemented courses can be evaluated, compared, audited and optimized.

3.7 Participant

The main stakeholders in an accessible online educational project can be categorized into at least eight categories: academic authority, program director, teacher, instructional designer, tutor, technical staff, quality auditor and student. However, for the proposed methodology, at least 51 competency profiles have been identified for the participants involved in the different processes. In practice, a participant may perform more than one of the identified profiles. The identified skills and competency profiles can be considered in the training plan for the personnel involved in the educational project.

4 Implementation of the methodological framework

4.1 Semantic definition of the framework to accessible e-learning projects

The semantic web movement aims to promote a web of data; a space where information is complemented with its meaning in order that it can be processed and

reused by machines. The semantic web technologies enable developers to provide semantic definition to a particular domain, create data banks, build vocabularies and define instructions to handle data. In this sense, [Al-Yahya et al., 15] presented a literature review related to ontologies in e-learning and it is possible to identify that there is a lack of studies related to accessibility and e-learning. People with disabilities can benefit with semantic web because data stored with its own meaning will be flexible and may be adapted to all means of access, especially with the use of assistive technologies. Additionally, machines will have more information about the data in a processable and interoperable format; in this way, machines will be able to find alternative resources, find access to support services, find recommendations and adapt the content to a different structure or presentation layout based on users' preferences and needs.

In this work, a semantic definition of the methodological framework was prepared to allow data interchange and interoperability among heterogeneous information systems and final users. In order to structure the semantic definition, a comprehensive ontology engineering process was followed [Uschold and Gruninger, 96]. The process to define the ontology had the following phases: (1) specification of the ontology goal and scope; (2) domain description; (3) identification of classes, relations and attributes; (4) development of a domain conceptual model; (5) and finally, generation of RDF resources.

The first and second phases to define the ontology are related to the specification of the goal and domain description. The goal of the semantic definition of the methodological framework is to have a formal ontology to develop a SPARQL [W3C, 13] endpoint with the aim of using it as a foundation for the implementation of the following applications: an interactive web application to disseminate the framework, a faceted semantic search engine, an accreditation assistant application and a recommender system for stakeholders using the methodology. The domain of the ontology is the methodological framework that implements accessible e-learning projects presented in [Section 3].

The third phase, related to the identification of classes, relations and attributes, was based on the components of the proposed methodological framework [see Section 3]. The seven main components were identified as the classes for the proposed ontology. A total of 467 components in seven categories are distributed as follows: processes (7), activities (29), tasks (79), products (98), methods (101), metrics (102) and participants (51). For the process of defining the ontology, the RDF Schema [Brickley and Guha, 14] and OWL [W3C, 12b] definitions were used to describe a vocabulary with the components in [Section 3]. Additionally, SKOS [Miles and Bechhofer, 09] was selected to establish an organization model of knowledge for educational institutions. A group of vocabularies presented in [Table 4] were selected to be used as a foundation for the components of the methodological framework.

The fourth phase developed a domain conceptual model for the ontology. Two RDF vocabularies have been created. One of the vocabularies named "iso19796" is related to the standard ISO/IEC 19796, including the classes: Process, Method and Metric, because the concepts in the methodology are similar to the identified standard. The RDF vocabulary named "esvial" includes the classes related to the following components: Activity, Task, Product and Participant as a mean to complement the ontology with classes and properties not found in other vocabularies. The seven

classes and their relations are depicted in [Figure 1] as a conceptual map of the proposed methodological framework.

Class	Vocabulary	URI
Process	iso19796	http://esvial.org/data/iso19796#Process
Method	iso19796	http://esvial.org/data/iso19796#Method
Metric	iso19796	http://esvial.org/data/iso19796#Metric
Activity	esvial	http://esvial.org/data/esvial#Activity
Task	esvial	http://esvial.org/data/esvial#Task
Product	esvial	http://esvial.org/data/esvial#Product
Participant	esvial	http://esvial.org/data/esvial#Participant

Table 4: Vocabularies selected to identify the components of the proposed methodological framework

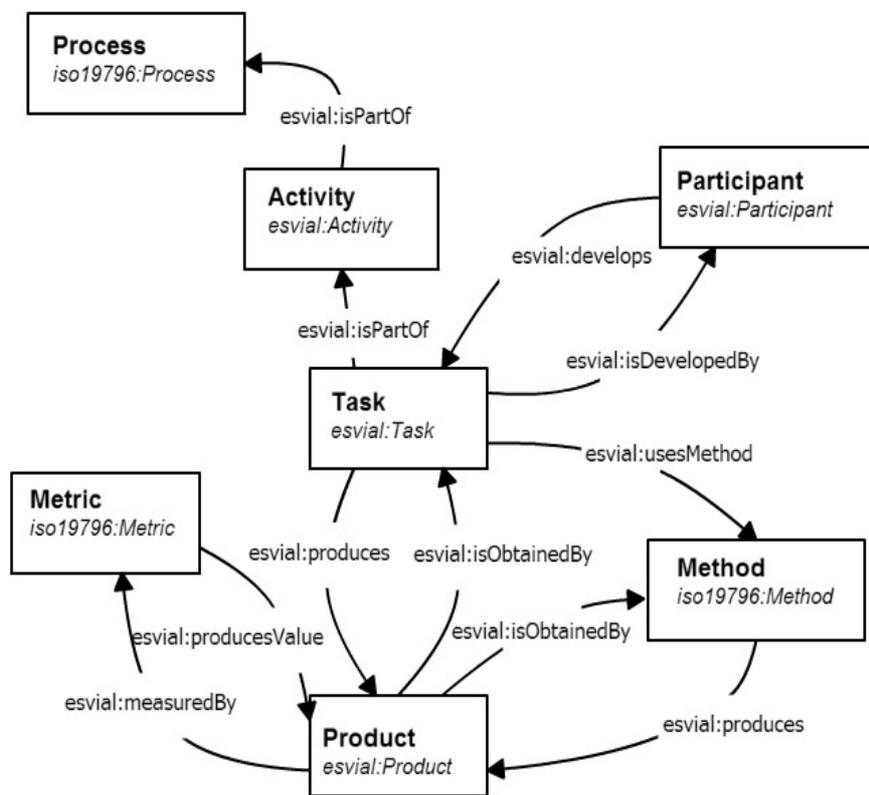


Figure 1: Conceptual map of the proposed methodological framework expressing the relation among components.

As properties for RDF classes: Process, Method and Metric, the “iso19796” vocabulary defines metadata to represent the information field established by

ISO/IEC 19796 standard. For example, “Process” class have the 13 properties, derived from the Part 1 of the Standard [ISO, 05].

It is important to mention that the ISO/IEC 19796-3 standard [ISO, 15] includes sub-properties to complement the information for each entity, as an example, [Listing 1] presents an extract of the definition of property “metricType”, in this sense, this property is complemented with four sub-properties: Metric category, Calculation, Scale type and Criterion. The “esvial” vocabulary includes the classes “Activity” and “Task”, as subclasses of “Process”; and new the classes “Product” and “Participant”.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <rdf:RDF>
3   <owl:Ontology rdf:about="http://esvial.org/data/esvial" dc:title=" \
4     Accessibility (ESVIAL) vocabulary" dc:description="Accessibility \
5     framework RDF vocabulary."></owl:Ontology>
6   ...
7   <owl:ObjectProperty rdf:ID="metricType">
8     <rdfs:domain rdf:resource="#Metric" />
9     ...
10  </owl:ObjectProperty>
11  ...
12  ...
13  <owl:ObjectProperty rdf:ID="metricCategory">
14    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#metricType" />
15    <rdfs:range rdf:resource="xsd:string" />
16    ...
17  </owl:ObjectProperty>
18  ...
19  ...

```

Listing 1: Representation of sub-categories in the proposed Accessibility vocabulary, extract to identify the definition of sub-properties for the metricType property.

4.2 Dissemination resources for the proposed methodological framework

For dissemination purposes, the methodology was edited as a digital book [see Figure 2]. An interactive website was prepared as a reference with the 467 components and guideline templates of the proposed framework. The interactive website can be used as a knowledge source to perform accurate searches when a stakeholder asks for information related to components involved in the processes to produce an accessible e-learning project. Complementarily, a web interface with a search engine and an interactive graph based on the proposed ontology was prepared [see Figure 3].

5 Validation of the proposed methodological framework

The validation process for the methodological framework presented in this work was planned in two phases: The first phase was designed as a validation with teachers of the components involved in an accessible e-learning project [see Section 3]. The second phase consisted in a validation, with students with disabilities, of real e-learning courses implemented using the proposed methodology.

This experience was planned within the context of the ESVI-AL initiative (www.esvial.org). The ESVI-AL initiative was a three-year cooperation action between higher-education institutions in Europe and Latin America. ESVI-AL was designed with the aim of promoting the inclusion of accessibility in all phases of the life cycle of an e-learning project and raising awareness, among stakeholders of the barriers that a student with disability may experience when dealing with e-learning platforms and learning resources with accessibility issues.

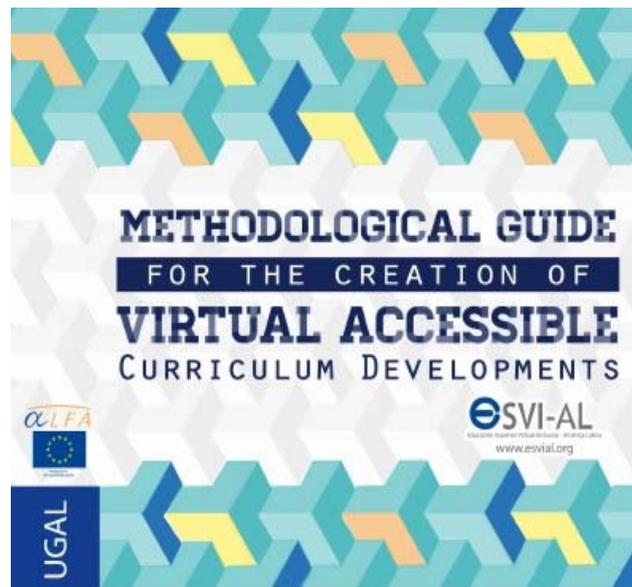


Figure 2: Front cover of the digital book edited to disseminate the methodology: “Methodological guide for the creation of virtual accessible curriculum developments”.

5.1 Results for the first validation phase with teachers

The first phase was designed as a validation, with teachers, of the components involved in an accessible e-learning project [see Section 3]. The first phase was designed with the aim of implementing an accessible e-learning course following the proposed steps in the seven processes of the methodology. The course was titled: “Instructional design for the creation of accessible virtual courses”. The course was designed with a duration of six weeks, with a special dedication to the processes with a strong involvement of teachers: (1) Conception and Design; (2) Learning Process; (3) Evaluation and Optimization [see Section 3.1].

For the first validation phase, four editions of the online training course were planned. An open call for participation was promoted among educational institutions in Latin America. A total of 748 teachers from 150 different educational institutions were registered in the four editions of the online training course to promote the methodological framework. The summary of participation in the four editions is

presented in [Table 5]. At the end of the experience, a total of 336 teachers (45% of the registered participants) finished and approved the online training.

In the learning activities designed for the course, the teachers were invited to use and comment on the resources created as supporting material to implement the methodological framework [see Section 4.2].



Figure 3: Screenshot of the interactive website prepared as a reference to implement the proposed methodological framework. The screenshot presents a search engine and an interactive graph based on the proposed ontology.

In this validation phase, the learning activities invited teachers to identify an online course developed at their institution or to propose course contents that they wanted to adapt to an accessible e-learning course. The identified course was then analyzed and adapted to include accessibility features following the methodological framework. The experience has allowed to have more than 300 proposals of different courses in various topics in which participating teachers have explored and implemented the proposed processes supported by templates and guidelines. The experience has ensured valuable feedback to improve the definitions of the various components of the methodology. The experience also provided the opportunity to validate the proposed methods and to identify new techniques to help stakeholders obtain better products [see Section 3.5].

Edition	Registered participants	Approved participants	Approval rate
1	231	122	53%
2	225	103	46%
3	131	54	41%
4	161	57	34%

Table 5: Results of participation in the four online editions for the accessible course

5.2 Results for the second validation phase with students with disabilities

The ESVI-AL initiative had the objective of using the methodological framework to create accessible virtual educational programs oriented to the improvement of employability of the population with disability. With this purpose in mind, an analysis of the educational needs for the population with disabilities in Latin America was prepared. For this work, the ESVI-AL initiative had the cooperation of two valuable associates: The Latin American Union of the Blind (www.ulacdigital.org) and the Latin American section of the Disabled People's International Organization (www.dpi.org).

The analysis identified limitations related to digital literacy. In this sense, accessible virtual educational programs prepared by educational institutions provide an alternative for people with physical disabilities. For this reason, the coordinators of the ESVI-AL initiative selected six themes to implement accessible e-learning courses following the proposed steps in the methodological framework. The selected topics for the courses intended to improve the employability of people with disabilities are:

- Office suites fundamentals based on the international computer driving license (ICDL) (www.ecdl.org). The course has a focus on the basic modules for digital literacy: computer essentials, online essentials, word processing and spreadsheets with a special emphasis on the creation of accessible documents.
- Online community management and social media skills. The course is based on the fact that people with disabilities may work in these activities with telecommuting.
- Customer service fundamentals with a focus on call center agents. The contact center and business process outsourcing (BPO) industry represents a growing employment sector in Latin America, and the fundamentals for customer services were identified as building blocks for people with disabilities starting businesses from home.
- Entrepreneurship: starting a business from home. Entrepreneurship is considered a key competence for lifelong learning [EC, 06]; it is considered a foundation for acquiring skills and knowledge needed by people with disabilities establishing a commercial activity from home.
- Pre-employment hiring preparation course. The course provides the participants with advices on how to write a personal resume, highlighting relevant information and how to prepare for an oral interview process.

- Communication and writing skills for business. The aim of the course is to provide participants with the basic skills to communicate a message with clarity with a focus on the target audience.

The partner universities that are part of the ESVI-AL initiative prepared the six accessible e-learning courses following the processes in the methodological framework proposed in this work [see Section 3]. The development teams followed each of the processes using the guidelines and templates supporting the methodology. The courses were prepared as full-online courses, with six learning units and a duration of eight weeks. This experience provided a valuable feedback to improve the components defined in the methodology, paying special attention to the definition of products [see Section 3.4], the different methods proposed to obtain the products [see Section 3.5], and the metrics as a quality criteria for the aforementioned products [see Section 3.6].

Following the implementation of the six accessible e-learning courses in a virtual learning environment adapted with accessibility features, the second validation phase was focused on the tasks involved in the “Learning Process” [see Section 3.1].

With the purpose of validating the courses with students with disabilities, a massive call for participation was launched in Latin America with the cooperation of the partner institutions and associate organizations. In this experience, the ESVI-AL initiative has given a special focus on two type of disabilities: physical and sensory. In this context, the term sensory disability is used to refer to vision and hearing impairment. However, the call for participation was planned as an inclusive experience, so the participation was open to everyone, including students without disabilities, in order to have an enriched feedback with multiple points of view.

As a result of the open call for participation, a total of 937 students took part in the six accessible e-learning courses. The participants were 485 (52%) men and 452 (48%) women. The students were from 18 different countries in Latin America; the five countries with more representatives were: Peru (20%), Ecuador (17%), Paraguay (16%), Colombia (15%) and Argentina (5%). The rest of the countries had a participation of 27% of the total of students registered to the courses. A summary of the registered participants for each of the courses, grouped by type of disability, is presented in [Table 6].

It is important to mention that a total of 421 students (53% women and 47% men) finished and approved at least one of the courses, representing an acceptable rate of 45 percent of the registered participants. The total of students that finished each of the six accessible e-learning courses is presented in [Table 6]. Moreover, an encouraging fact is that a total of 357 students that approved the courses reported to have a disability. From the total of students with a disability that finished the courses, representing the 85% of the approved participants, 232 of them reported a sensory disability and 125 reported a physical disability. The outstanding participation of students with disabilities in the e-learning courses allowed to validate the level of accessibility that can be reached by following the proposed methodological framework.

Course	Participants with physical disability	Participants with sensory disability	Participants without disability	Approved participants
Office suites fundamentals	35	159	5	125
Customer service fundamentals	64	77	47	95
Online community management skills	35	89	36	65
Employment preparation course	31	53	7	58
Entrepreneurship: starting a business	67	66	21	45
Communication and writing skills	18	23	104	33
Total	250	467	220	421

Table 6: Results of participation of students in the six accessible e-learning courses

6 Conclusions and Future Work

The continuous advances in technology are changing the concept of E-Learning [García-Peñalvo and Pardo, 15], and fortunately the assistive technologies are helping students with disabilities to have a complete learning experience. In this sense, it is important to mention that to provide a successful E-learning accessibility experience is a complex endeavor that involves a multidisciplinary effort mainly for a technological, didactic and administrative perspectives. In this respect, a clear example is the following scenario: A business faculty in an educational institution identifies an increasing demand in formation related to entrepreneurship and decides to implement a lifelong learning course as an accessible e-learning approach. The technical staff in the educational institution, aware of the different accessibility standards and assistive technologies, prepares the course within an e-learning platform with accessibility features. Later, teachers will publish the e-learning content in the prepared environment.

It is important to mention that a relevant part of this scenario is the e-learning content prepared for the teachers, but e-learning content must be accessible, too, in order to have an effective solution. In this scenario, at least three different stakeholders take part in the accessible educational process. Besides this, teachers, tutors and instructional designers should be encouraged to understand the needs of a diverse population of students in order to create accessible content, improve alternative teaching methods and evaluate different strategies for evaluation. Therefore, there is a need to have a holistic approach to the implementation of accessible virtual educational projects in all the phases of the life cycle of the production of a course, taking into account different contexts.

In terms of accessibility, it has been identified that there is a lack of interest in and awareness of online accessibility for education in developing countries, particularly in the context of this work in Latin America. In Latin America, the

biggest part of the countries do not have legislation that encourages stakeholders to bear in mind accessibility features for web-based applications and contents.

In this work, three actions were implemented towards an accessible e-learning:

- A holistic approach to the development of accessible e-learning experiences was proposed. This work presented a methodological framework, a seven-part process model integrated by 467 components within the life cycle of a virtual e-learning project. As an accessibility framework based on an international standard, it is intended to be used as a reference by any educational institution to describe, compare and adapt their own processes towards an accessible virtual education experience.
- This work prepared a semantic definition of the methodological framework with the aim of having a formal conception and setting the foundations to develop a SPARQL [W3C, 13] endpoint with the aim of being used as a starting point for the implementation of the following applications: interactive web application to disseminate the framework, faceted semantic search engine, and a recommender system for stakeholders using the methodology.
- The methodological framework was intended to be validated in different contexts, with a special focus on raising awareness among stakeholders of the importance to address accessibility in e-learning. For this, a massive training for stakeholders in Latin America was organized to disseminate and validate the methodological framework; an experience that provided positive results. In this experience, seven accessible e-learning courses, prepared by following the methodology, were promoted in an open call for participation launched in Latin America with the support of a cooperation initiative between European and Latin American universities called ESVI-AL. At the end of the experience, a total of 748 teachers and 937 students from 150 different educational institutions were enrolled. The experience provided valuable feedback from participants and was used to improve the different components and resources in the methodology.

For dissemination purposes, the methodology was edited as a digital book. Additionally, an interactive website was prepared as a reference with information records for the 467 components that give shape to the methodology. Furthermore, guidelines and online templates of the proposed framework were prepared as supporting resources. The idea behind the interactive website that was developed was to provide an interface that can be used as knowledge sources to perform accurate searches when a stakeholder, following the methodology, asks for information related to components involved in the processes to produce an accessible e-learning project. Complementarily, a web interface with a search engine and an interactive graph based on the proposed ontology was prepared.

Future work will mainly cover the development of a quality management and quality assurance approach based on a weighing scale for the metrics defined in the methodological framework proposed in this work [see Section 3.6]. The idea behind this quality approach is based on the fact that the proposed methodology is based on the international standard ISO/IEC 19796 [ISO, 05], that provides a reference framework for the description of quality approaches. Based on this, proposals of any educational institution, which are based on the standard ISO/IEC 19796, can be compared, combined and complemented with the proposed methodology towards a

harmonization to evaluate quality and accessibility for e-learning projects. With this quality approach, e-learning projects could be certified based on the quality and accessibility level reached by its implementation. Furthermore, the SPARQL endpoint defined in this work could be used to develop an accreditation assistant based on recommendations.

Finally, a potential field of action is to raise awareness on accessibility on cloud based applications for education and massive online open courses (MOOC) [Sanchez-Gordon and Lujan-Mora, 16]; both fields with a scarce presence of studies related to accessibility in literature.

Acknowledgements

This work has been co-financed by the European Union, through the ALFA III Programme. Contract: DC-ALA/19.09.01/11/21526/279-146/ALFA III (2011)-11

References

- [Abou-Zahra, 12] Abou-Zahra, S.: "How People with Disabilities Use the Web", World Wide Web Consortium (2012), Retrieved July 2015 from <http://www.w3.org/WAI/intro/people-use-web/Overview>
- [AENOR, 10] Spanish Association for Normalization and Standardization and Certification: "UNE-EN ISO/IEC 19796-1:2010 Tecnología de la información. Enseñanza, educación y formación. Gestión, aseguramiento y métricas de la calidad. Parte 1: Aproximación general" (2010).
- [AFNOR, 04] French Association for Normalization: "AFNOR Z 76-001 French Code of Practice in e-Learning" (2004).
- [Al-Yahya et al., 15] Al-Yahya, M., George, R., & Alfaries, A.: "Ontologies in E-Learning: Review of the Literature." *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 9(2), (2015), 67-84.
- [Brickley and Guha, 14] Brickley, D. and Guha R.V.: "RDF Schema 1.1. W3C Recommendation". (2014). Retrieved July 2015 from <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>
- [BS, 10] British Standard: "BS 8878:2010, Web accessibility, code of practice. British Standard" (2010).
- [Burgstahler, 06] Burgstahler, S.: "The development of accessibility indicators for distance learning programs." *Research in Learning Technology*, 14, 3, (2006), 79-102.
- [Burgstahler et al., 11] Burgstahler, S., Anderson, A., Litzkow, M.: "Accessible Technology for Online and Face-to-Face Teaching and Learning". In K. King y T. Cox (Eds.), "The professor's guide to taming technology: leveraging digital media, Web 2.0, and more for learning", Information Age Publishing Inc., New York (2011), 201-218.
- [CAST, 11] Center for Applied Special Technology: "Universal Design for Learning Guidelines version 2.0.", Wakefield, MA, (2011), Retrieved July 2015 from <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines>
- [CEN, 06] European Committee for Standardization: "CWA 15554:2006 Specifications for a web accessibility conformity assessment scheme and a web accessibility quality mark". (2006).

- [CEN, 11] European Committee for Standardization: "CWA 16266: Curriculum for training ICT Professionals in Universal Design.", (2011).
- [Cooper, 07] Cooper, M. "Making online learning accessible to disabled students: an institutional case study." In J. Seale (Ed.), "Approaches to Developing Accessible Learning Practices. Conceptualising Best Practice", Routledge, New York (2007), 103-115.
- [DIN, 04] German Institute for Normalization: "DIN PAS 1032-1 Learning, Education and Training focussing on e-Learning. Part 1: Reference Model for Quality Management and Quality Assurance. Planning, Development, Realisation and Evaluation of Processes and Offers in Learning, Education and Training." (2004).
- [EC, 06] European Parliament and the Council: "Recommendation of the European Parliament and the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning." Official Journal of the European Union, L394 (2006).
- [ETSI, 15] European Telecommunications Standards Institute: "EN 301-549 Accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in Europe." (2015).
- [Fichten et al., 09a] Fichten, C., Ferraro, V., Asuncion, J., Chwojka, C., Barile, M., Nguyen, M., Klomp, R. and Wolforth, J.: "Disabilities and e-Learning Problems and Solutions: An Exploratory Study", *Educational Technology & Society*, 12, 4, (2009), 241-256.
- [Fichten et al., 09b] Fichten, C. S., Asuncion, J. V., Barile, M., Ferraro, V., and Wolforth, J.: "Accessibility of e-learning and computer and information technologies for students with visual impairments in postsecondary education", *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 103, 9, (2009), 543.
- [García-Peñalvo and Pardo, 15] García-Peñalvo, F., and Pardo, A.: "Una revisión actualizada del concepto de eLearning. Décimo Aniversario/An updated review of the concept of eLearning. Tenth anniversary", *Teoría de la Educación; Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 16, 1, (2015), 119.
- [Guglielman, 13] Guglielman, E.: "Rethinking e-learning accessibility: Toward didactic guidelines to design inclusive activities." In D. Parmigiani, V. Pennazio, A. Traverso (Eds.), "Learning & Teaching with Media & Technology", ATEE, Brussels (2013), 80-89.
- [Hersh, 14] Hersh, M.: "Evaluation framework for ICT-based learning technologies for disabled people." *Computers & Education*, 78, 1, (2014), 30-47.
- [Hilera et al., 11] Hilera, J., Fernández, L., Suárez, E. and Vilar, E.: "Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales", *Revista Española de Documentación Científica*, 36, 1, (2013).
- [HFES, 08] Human Factors and Ergonomics Society: "ANSI/HFES 200, Human Factors Engineering of Software User Interfaces. Part 2: accessibility". (2008).
- [IMS, 03] IMS Global Learning Consortium: "IMS Learner Information Package Accessibility for LIP Information Model. Version 1.0 Final Specification". (2003).
- [IMS, 04] IMS Global Learning Consortium: "IMS Guidelines for Developing Accessible Learning Applications. Version 1.0 white paper". (2004).
- [IMS, 12] IMS Global Learning Consortium: "IMS Global Access for All (AfA) Primer. Version 3.0 Specification". (2012).
- [ISO, 05] International Organization for Standardization: "ISO/IEC 19796-1:2005, ITLET (Information Technology - Learning, Education, and Training - Quality for Learning,

Education and Training) Quality management, assurance and metrics, Part 1: General approach.” (2005).

[ISO, 08a] International Organization for Standardization: “ISO/IEC 24751-1:2008 Information technology -- Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training -- Part 1: Framework and reference model” (2008).

[ISO, 08b] International Organization for Standardization: “ISO/IEC 24751-2:2008 Information technology -- Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training -- Part 2: -Access for all- personal needs and preferences for digital delivery” (2008).

[ISO, 08c] International Organization for Standardization: “ISO/IEC 24751-3:2008 Information technology -- Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training -- Part 3: -Access for all- digital resource description” (2008).

[ISO, 08d] International Organization for Standardization: “ISO 9241-151:2008 Ergonomics of human-system interaction -- Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces” (2008).

[ISO, 08e] International Organization for Standardization: “ISO 9241-171:2008 Ergonomics of human-system interaction -- Part 171: Guidance on software accessibility” (2008).

[ISO, 09a] International Organization for Standardization. “ISO/IEC 19796-3:2009, ITLET (Information Technology - Learning, Education, and Training - Quality for Learning, Education and Training) Quality management, assurance and metrics, Part 3: Reference methods and metrics.” (2009).

[ISO, 09b] International Organization for Standardization: “ISO/IEC TR 29138-1:2009 Information technology -- Accessibility considerations for people with disabilities -- Part 1: User needs summary” (2009).

[ISO, 10] International Organization for Standardization: “ISO 9241-210:2010 Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centered design for interactive systems” (2010).

[ISO, 12] International Organization for Standardization: “ISO/IEC 40500:2012 Information technology -- W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0.” (2012).

[ISO, 14] International Organization for Standardization: “Guide 71:2014 Guide for addressing accessibility in standards” (2014).

[ISO, 15] International Organization for Standardization. “ISO/IEC 36000:2015, ITLET (Information Technology - Learning, Education, and Training - Quality for Learning, Education and Training) - Fundamentals and Vocabulary. International Organization for Standardization.” (2015).

[Kelly et al., 07] Kelly, B., Sloan, D., Brown, S., Seale, J., Petrie, H., Lauke, P., Ball, S.: “Accessibility 2.0: people, policies and processes.” In S. Harper and Y. Yesilada (Eds.), Proc. of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A), ACM, New York (2007), 138-147.

[Kelly et al., 10] Kelly, B., Lewthwaite, S., Sloan, D.: “Developing countries; developing experiences: approaches to accessibility for the real world.” In C. Asakawa, H. Takagi, L. Ferres, C. Shelly (Eds.), Proc. of the 2010 international cross disciplinary conference on web accessibility (W4A), ACM, New York (2010), 3.

[McAndrew et al., 12] McAndrew, P., Farrow, R., Cooper, M.: “Adapting online learning resources for all: planning for professionalism in accessibility.” *Research in Learning Technology*, 20, 4 (2012).

- [Miles and Bechhofer, 09] Miles, A. and Bechhofer S.: "SKOS Simple Knowledge Organization System Reference, W3C Recommendation". (2009). Retrieved July 2015 from: <http://www.w3.org/TR/skos-reference/>
- [Phipps and Kelly, 06] Phipps, L. and Kelly, B.: "Holistic approaches to e-learning accessibility". *ALT-J: Research in Learning Technology*, 14, 1, (2006), 69-78.
- [Sanchez-Gordon and Lujan-Mora, 16] Sanchez-Gordon, S., and Lujan-Mora, S.: "How Could MOOCs Become Accessible? The Case of edX and the Future of Inclusive Online Learning". *Journal of Universal Computer Science*, 22, 1, (2016), 55-81.
- [Santos et al., 11] Santos, O., Moreno G., Martínez, L., Rodríguez-Ascaso, A., Alcocer, E., Gutiérrez and Restrepo, E., and Fabregat, R.: "Standards and specifications to manage accessibility issues in e-learning." *IEEE Learning Technology Newsletter*, 13, 3, (2011), 20-23.
- [Santos and Boticario, 15] Santos, O. and Boticario, J.: "Practical guidelines for designing and evaluating educationally oriented recommendations." *Computers & Education*, 81, 1, (2015), 354-374.
- [Seale, 06] Seale, J.: "E-learning and disability in higher education: accessibility research and practice." Routledge, New York (2006).
- [Seale, 07] Seale, J.: "Disability, technology and e-learning: challenging conceptions." In J. Seale (Ed.), "Approaches to Developing Accessible Learning Practices. Conceptualising Best Practice." Routledge, New York (2007), 1-9.
- [Seale and Cooper, 10] Seale, J. and Cooper M.: "E-learning and accessibility: An exploration of the potential role of generic pedagogical tools." *Computers & Education*, 54, 4, (2010), 1107-1116.
- [Slater et al., 15] Slater, R., Pearson, V., Warren, J., Forbes, T.: "Institutional change for improving accessibility in the design and delivery of distance learning—the role of faculty accessibility specialists at The Open University." *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 30(1), 6-20.
- [Smith et al., 10] Smith, C., Spiegel, H., Cox, B.: "The Missing Piece: The Need for Training Online Faculty to Design Accessible Online Courses". *National Social Science Technology Journal*, 4, 1, (2010), 4.
- [Uschold and Gruninger, 96] Uschold, M., and Gruninger, M.: "Ontologies: Principles, methods and applications." *The knowledge engineering review*, 11, 2, (1996), 93-136.
- [W3C, 12a] World Wide Web Consortium: "WAI: Strategies, guidelines, resources to make the Web accessible to people with disabilities. Web Accessibility Initiative." (2012). Retrieved July 2015 from <http://www.w3.org/WAI/users/Overview.html>
- [W3C, 12b] World Wide Web Consortium: "OWL 2 Web Ontology Language Document Overview. W3C Recommendation" (2012). Retrieved July 2015 from <http://www.w3.org/TR/owl-overview/>
- [W3C, 13] World Wide Web Consortium: "SPARQL Protocol and RDF Query Language. SPARQL 1.1 Overview." (2013). Retrieved July 2015 from <http://www.w3.org/TR/sparql11-overview/>
- [Yi et al., 04] Yi, Z., Zhiting, Z., Xiaoyong, H., Qing, L.: "Specification for service quality management system of e-learning." In W. Liu, Y. Shi, Q. Li (Eds.), "Advances in Web-Based Learning—ICWL 2004", Springer, Berlin (2004), 400-406.

3. Publicación II (Artículo JCR): MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms

3.1 Descripción de aportes al objetivo de la tesis

El segundo artículo que forma parte de este trabajo de tesis fue publicado en 2016 en la revista: *International Journal of Engineering Education* (Martín, Amado-Salvatierra e Hilera, 2016).

El artículo en su conjunto representa el componente tecnológico principal de este trabajo de tesis. En el mismo se presenta una revisión del estado del arte de los estándares de accesibilidad web aplicables a las plataformas educativas virtuales. En este caso particular se realiza un análisis sobre ocho de las más populares plataformas utilizadas para cursos en modalidad de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs).

La publicación cumple el Objetivo 2 (Apartado 1.3), presentando un análisis de los estándares de accesibilidad web relacionados con plataformas de e-learning, específicamente las utilizadas para la formación de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs). El artículo presenta una revisión bibliográfica, detallando los requisitos de accesibilidad que deben cumplir las páginas y recursos educativos disponibles en una plataforma de formación. En el mismo se presenta una recopilación de trabajos relacionados que buscan identificar el grado de cumplimiento de accesibilidad de algunas plataformas.

El desarrollo del artículo propone un procedimiento para evaluar la accesibilidad de una plataforma educativa utilizando herramientas de validación automáticas. Se complementa con la descripción del procedimiento de evaluación heurística que detalla la identificación de requisitos que deben ser probados por un experto y complementados por la evaluación de usuarios finales, en este caso estudiantes con discapacidad. En este sentido, el trabajo presentado en este artículo responde a la pregunta de investigación PI7, afirmando lo siguiente: Es posible determinar un procedimiento sistemático para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC. Dicho procedimiento sistemático propuesto en este artículo se sugiere como un curso o taller de formación destinado a personal técnico o administradores de campus virtuales (PI8).

Finalmente, el trabajo publicado en la revista *Journal of Engineering Education* identifica en el momento del estudio que las plataformas que mejor cumplen los requerimientos de accesibilidad son edX y FutureLearn.

3.2 Índices de calidad

<p>Martín, J.L., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, J.R. <i>MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms.</i> International Journal of Engineering Education Vol. 32, No. 5(B), pp. 2374–2383. ISBN/ISSN: 0949-149X Dublin Institute of Technology Tempus Publications Irlanda Enviado 30/01/2016, Aceptado 15/05/2016, Publicado 01/10/2016</p>	
Resumen	<p>El artículo presenta una revisión del estado del arte de los estándares de accesibilidad web aplicables a las plataformas educativas virtuales. En este caso particular se realiza un análisis sobre ocho de las más populares plataformas utilizadas para cursos en modalidad de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs). El desarrollo del artículo expone un procedimiento que puede ser seguido para evaluar la accesibilidad de una plataforma educativa utilizando herramientas de validación automáticas, así como un ejercicio de evaluación heurística. El artículo concluye en el momento del estudio que las plataformas que mejor cumplen los requerimientos de accesibilidad son edX y FutureLearn.</p>
Indicios de Calidad	<p>La revista IJEE (International Journal of Engineering Education) está referenciada en el ISI Journal Citation Reports (JCR) de Thomson Reuters/Web of Science (Science Citation Index) con un índice de impacto de 0.559 (2015). En los últimos 5 años (2011-2015), su índice general de impacto es de 0.566. La revista se publica desde hace treinta años y cuenta con 6 ediciones al año incluyendo ediciones especiales (Special Issues).</p> <p>La revista está registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.799 (2015).</p>

Tabla 9. Resumen de publicación II

3.3 Artículo

MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms*

JOSÉ L. MARTÍN

Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Politécnica de Madrid. E-mail: joseluis.martinn@upm.es

HÉCTOR R. AMADO-SALVATIERRA

Departamento GES, Universidad Galileo, Guatemala. E-mail: hr_amado@galileo.edu

JOSÉ R. HILERA

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá. E-mail: jose.hilera@uah.es

Nowadays, experiences with massive open online courses (MOOCs) are being part of modern engineering degrees, thus providing practical interactive activities to improve teaching-learning strategies with online courses and social community learning with peers from different countries. Additionally, this MOOC movement is being identified as a valuable tool to provide engineering education to all students, including students with disabilities that for different reasons cannot be part of a face-to-face session and, naturally, have the rights to make use of this myriad of teaching-learning strategies. In this sense, if a teacher wants to develop a MOOC course or to recommend a course to his students, it is imperative to identify the best accessible platforms in order to provide inclusive learning strategies. The aim of this study is to analyze the accessibility of a selection of eight popular MOOC platforms: Coursera, edX, Udacity, MiriadaX, UNED COMA, Udemy, Futurelearn and NovoEd. To this end, three automatic accessibility evaluation tools have been used: eXaminator, FAE and Tingtun. Hence, it has been checked the degree of conformance of these platforms with the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) created by the World Wide Consortium and adopted by ISO as an international standard. The study has been complemented with a heuristic evaluation by experts in order to have a holistic perspective of MOOC accessibility. The idea behind this study is that the stakeholders in the teaching-learning process will be able to identify and select the most inclusive platform based on the international standards. Moreover, the technical staff in educational institutions will be provided with a procedure to identify accessibility issues in other platforms and engineering teachers will be aware of the potential obstacles that students with disabilities may experience. The results of this study identify edX and Futurelearn as the best MOOC platforms. Finally, conclusions and future work ideas are presented.

Keywords: web content accessibility; usability; disability; WCAG 2.0; MOOC

1. Introduction

Since their inception, MOOCs (Massive Open Online Courses) have grown exponentially, with a higher increase even than social networks [1]. In a very short time, initiatives such as Khan Academy [2] have reached vertiginous data. This movement is considered by some authors as the most important technological innovation in the last 200 years [3]. Nevertheless, they are subject of study due to the lack of a defined model [4]. Recent studies question the quality of MOOCs [5] and evaluate them. Results show high scores in organization and presentation of course materials, but the quality of the instructional design is low [6]. The Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA) has presented a collection of the more relevant trends [7], and it shows that it is necessary future investments in the pedagogical principles of the MOOC model. Among them, personalization of the learning experience for learners with differing needs appears as one of the seven keys for a quality assurance [8].

MOOCs, together with OCW (OpenCourseWare) and other Open Education initiatives offer the possibility to expand access to knowledge worldwide, helping to eliminate geographical and financial barriers between students, teachers and self-learners [9]. On the other hand, there are some obstacles to achieve this target: some legal, technical, financial and social aspects must be addressed [10]. Among them outstands the need to significantly improve the discovery, accessibility and visibility of open educational content [11].

In the context of higher education, MOOCs fit the profile of the student because the topics are integrated with higher education programs [5]. Even more in engineer education, not only because of their ability to accept technology as shown by some studies [12], but because they have experience handling OER as having used OSS (Open Source Software) [13] and they need to be constantly updated, expanding knowledge and developing new skills for the development of their profession [14]. Therefore, MOOCs are considered as a possible solution for continuous training [15].

The UNESCO “Education for all” Movement, in particular in their two first goals, says that a quality education must be offered, and it is necessary to favor the most vulnerable and disadvantaged, especially those in difficult circumstances. People with disabilities make up ten per cent of the world’s population and UN alerts that currently there are no references to people with disabilities in the Millennium Development Goals (MDG). Therefore, UN suggests the creation of tools and guidelines that would be effective entry points to mainstream disability in monitoring of MDG policies, processes and mechanisms [16].

In a broad sense, accessibility can be defined as the condition that must meet environments, products and services to be understandable, usable and practicable for everybody, including people with disabilities. Accessibility is largely related to quality. In fact, most quality models consider accessibility as part of the study. MOOCs are an opportunity to offer high quality engineer education to all motivated and talented students regardless of their background, whether they belong to vulnerable and disadvantaged groups or have difficult circumstances. Nevertheless, not in all cases are these courses and platforms ensuring the guidelines established for a proper accessibility. It is very important to guarantee the correct access to this kind of courses for everybody, moreover people with personal disabilities or disadvantaged environments.

This paper is organized as follows: First, a state of the art is presented with the main accessibility requirements and guidelines that a web-based platform should follow. This section is complemented with a literature review of related works on recent studies about MOOC accessibility. Then, in section 3, the purpose of the study and objectives are presented. An analysis of the accessibility of a selection of eight popular MOOC platforms is performed based on the Website Accessibility Con-

formance Evaluation Methodology, which includes techniques using automatic tools, disability simulation tools, testing tools and personal analysis of the educational contents and the pedagogical aspects. Section 4 presents the results of the study where the edX and Futurelearn MOOC platforms are the best rated ones. Finally, a discussion and conclusions are presented.

2. Literature review

2.1 Accessibility requirements and guidelines

There is a large number of norms and standards that indicate how to obtain a correct web design with an appropriate accessibility level [17]. To guarantee web accessibility we must consider the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) published by the Web Accessibility Initiative (WAI) of the World Wide Web Consortium (W3C) in 2008 [18], and adopted as ISO standard in 2012 [19]. WCAG 2.0 is important, not only for having become standard ISO, but also because many countries have created laws based on this standard. For instance, Spain created a law that forces publicly funded websites and websites of relevance to citizens, such as universities or schools, to meet the standard in 2007. At present, the European Union is debating a new law similar to the Spanish one, which will be applied in the future to all websites in the member countries [20].

WCAG 2.0 components are principles, guidelines and success criteria. Based on the four principles of web accessibility (perceivable, operable, understandable, and robust), there are twelve guidelines that provide basic goals in form of a total amount of 61 success criteria (Table 1). In addition, three levels of conformance are established (A, AA and AAA) for websites, depending on the success criteria met. To get level A, 25 criteria have to be met. To get level AA, besides the aforementioned, 13 more criteria have to be met. Level AAA is obtained when all 61

Table 1. Accessibility principles, guidelines and success criteria established in WCAG 2.0

Principles (4)	Guidelines (12)	Success Criteria (61)
1. Perceivable	1.1 Provide text alternatives	1
	1.2 Provide alternatives for time-based media	9
	1.3 Create adaptable content	3
	1.4 Make content distinguishable	9
2. Operable	2.1 Make all functionality available from a keyboard	3
	2.2 Provide users enough time to read and use content	5
	2.3 Do not design content in a way that cause seizures	2
	2.4 Provide ways to help users navigate	10
3. Understandable	3.1 Make text content readable and understandable	6
	3.2 Make Web pages appear and operate in predictable ways	5
	3.3 Help users avoid and correct mistakes (input Assistance)	6
4. Robust	4.1 Maximize compatibility with user agents	2

Table 2. Some relevant WCAG 2.0 success criteria of level A and AA**Success Criteria**

- 1.1.1 Non-text Content:** All non-text content that is presented to the user has a text alternative that serves the equivalent purpose.
- 1.2.1 Audio-only and Video-only (Prerecorded):** For prerecorded audio-only and prerecorded video-only media, an alternative is provided.
- 1.2.5 Audio Description (Prerecorded):** Audio description is provided for all prerecorded video content in synchronized media.
- 1.3.1 Info and Relationships:** Information, structure, and relationships conveyed through presentation can be programmatically determined or are available in text.
- 1.4.3 Contrast (Minimum):** The visual presentation of text and images of text has a contrast ratio of at least 4.5:1.
- 2.1.1 Keyboard:** All functionality of the content is operable through a keyboard interface without requiring specific timings for individual keystrokes.
- 2.4.1 Bypass Blocks:** A mechanism is available to bypass blocks of content that are repeated on multiple Web pages.
- 2.4.4 Link Purpose (In Context):** The purpose of each link can be determined from the link text alone or from the link text together with its programmatically determined link context.
- 2.4.6 Headings and Labels:** Headings and labels describe topic or purpose.
- 3.3.2 Labels or Instructions:** Labels or instructions are provided when content requires user input.
- 4.1.1 Parsing:** In content implemented using markup languages, elements have complete start and end tags, elements are nested according to their specifications, elements do not contain duplicate attributes, and any IDs are unique.
- 4.1.2 Name, Role, and Value:** For all user interface, the name and role can be programmatically determined; states, properties; and notification of changes to these items is available to user agents, including assistive technologies.

criteria are met. As an example, Table 2 shows some success criteria to reach level A and AA. These criteria have been highlighted from the rest of criteria because, as it will be shown in the next sections, they are not accomplished by the MOOC platforms analyzed.

2.2 Related works

Concern for the analysis of the accessibility in the education context is object of continuous study. Some researches analyze the accessibility with a global perspective, and their findings show differences in the accessibility of the universities web pages [21]. Traditionally, studies have focused in the accessibility of the learning management systems; however, the new trends (with the open and massive environment) promote the debate on the accessibility of the MOOCs and platforms. Some studies analyze the accessibility of MOOCs and, after identifying the major problems, authors offer recommendations to avoid them [22, 23]. On the other hand, developers of MOOC platforms have published guidelines and recommendations to facilitate the accessibility enforcement to MOOC authors in their platforms. In that regard, it is important to note the accessibility best practices published in edX [24], and grouped by the twelve guidelines shown in Table 3.

Recent studies were also published about accessibility courses, showing the analysis of a specific knowledge and focused on a kind of student limitation. Sanchez-Gordon and Luján-Mora [25] showed a specific study about engineering in MOOC, and presented the base for establishing criteria for a preliminary selection of MOOCs as creditable courses in engineering programs at a

Polytechnic School for non-native speakers. They identified 17 relevant WCAG 2.0 criteria for improving the accessibility of MOOCs: 6 correspond to level A, 4 to level AA, and 7 to level AAA. Same authors in other study [26], analyzed accessibility problems and possible solutions in MOOCs intended to elderly students. These studies are referred to the accessibility of the MOOC contents, while related works to the study here presented are focused in the analysis of the accessibility platform. If a MOOC platform has accessibility conflicts, it becomes a barrier for disabled students when they try to take any course: common tasks as login, search, forums, content navigation, etc. can be complex and even impossible for these students.

Table 4 shows a compilation of the most recent studies. First column indicates the study reference,

Table 3. Accessibility Guidelines for MOOC developers recommended by edX**General Guidelines**

- Use semantic markup.
- Make images accessible.
- Avoid using CSS to add content.
- Include a descriptive title attribute for all <iframe> elements.
- Make sure form elements have labels.
- Include link and control labels that make sense out of context.
- Use WAI-ARIA to create accessible widgets or enhance native elements.
- Manage the focus for pop-ups.
- Inform users when content changes dynamically.
- Hide or expose content to targeted audiences.
- Choose colors that meet WCAG 2.0's minimum contrast ratios.
- Test your code for accessibility.

Table 4. Recent studies about MOOC accessibility

Reference	MOOC Platform evaluated	Automatic tools used	Sections	Evaluation
(Sanchez-Gordon and Luján-Mora, 2013) [26]	Coursera	-	4	Heuristic evaluation by experts.
(Iniesto and Rodrigo, 2014) [27]	UNED COMA COLMENIA MiriadaX	eXaminator aDesigner SortSite	6	Heuristic evaluation by experts.
(Iniesto, Rodrigo and Moreira, 2014) [28]	UNED COMA UAb iMOOC	eXaminator aDesigner	6-9	Heuristic evaluation by experts.
(Al-Mouh, Al-Khalifa and Al-Khalifa, 2014) [29]	Coursera	NVDA VoiceOver WAVE Toolbar WCAG Contrast checker Accessibility Evaluator Toolbar	10	Heuristic evaluation by experts, and User evaluation (2 blind persons and 1 blindfolded sighted person).
(Bohnsack and Puhl, 2014) [30]	edX Coursera Iversity OpenCourseWorld Udacity	JAWS	-	User evaluation by a blind person. The experiment stops when a blind person finds a barrier. Only edX has no barriers.
(Flórez, Ruiz, Castaño, Tabares and Duque, 2014) [31]	Coursera Canvas CodeAcademy	TAW	1	Heuristic evaluation by experts.
(Pascual, Castillo, Garcia-Diaz and González, 2014) [32]	Coursera edX Udacity Udemy MiriadaX MIT	SortSite AChecker Pigdom	-	Heuristic evaluation by experts.

second column shows the MOOC platforms evaluated and ordered according to their accessibility accomplishment (First platform on the top of each list is the most accessible in the study, and the last platform at the end of the list is the lowest accessible in the study). Third column shows the tool used in the evaluation, fourth column shows the number of sections evaluated and the last column shows the method of evaluation. All studies used WCAG 2.0 guidelines for their measurements and an expert performed the evaluation, except in the case of Bohnsack and Puhl evaluation [30], in which a blind person performed the evaluation and no guidelines were followed.

3. Method

3.1 Purpose of the study and objectives

It is important to mention that the MOOC movement started with technological courses, especially with subjects related to Computer Sciences based on courses from Systems and Electronic Engineering. This important fact is presented in Table 5, which shows a selection of eight popular MOOC platforms, highlighting the high percentage of courses with subjects related to engineering degrees.

The aim of this study is to analyze the accessibility of eight different MOOC platforms: Coursera, edX,

Udacity, MiriadaX, UNED COMA, Udemy, Futurelearn and NovoEd. In this sense, if a teacher wants to develop a MOOC course or wants to recommend a course to his students, it is imperative to identify the best accessible platforms in order to provide inclusive learning strategies. The idea behind this study is that the stakeholders in the teaching-learning process will be able to identify and select the most inclusive platforms based on the international standards presented in section 2.1. Moreover, the technical staff in educational institutions will have a procedure to identify accessibility issues in other platforms and engineering teachers will be aware of the potential obstacles that students with disabilities may experience.

3.2 Procedure

Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) [33] has been used to analyze the different MOOC platforms. This methodology is independent of tools, browsers and technologies. It can be applied to all website including web apps and mobile webs. It is based on the measurement of the WCAG 2.0 guidelines. WCAG-EM can be used to analyze complete websites, distinguishing open access web from login required-access. The initial step is the selection of the kind of pages to be analyzed. It is important to

Table 5. List of selected MOOC platforms highlighting the percentage of engineering related courses

Id	Platform	No. active courses	No. engineering related courses	No. users	URL
1	Coursera	1195	665 (56%)	11,800,000	www.coursera.org
2	Udemy	32,000	6,658 (20%)	8,000,000	www.udemy.com
3	edX	674	560 (80%)	4,000,000	www.edx.org
4	Futurelearn	267	61 (23%)	2,280,000	www.futurelearn.com
5	Udacity	99	96 (95%)	1,600,000	www.udacity.com
6	MiriadaX	84	37 (44%)	1,509,000	www.miriadax.net
7	NovoEd	84	17 (20%)	not available	www.novoed.com
8	UNED COMA	3	1 (33%)	not available	coma.uned.es

select different pages that collect the representative functions of the student tasks, and are varied in technology, style or interaction. Table 6 shows the different sections selected in this study to be evaluated in all the MOOC platforms.

3.3 Tools

The seven studies presented in Table 4 used different tools to perform automatic evaluations to test accessibility. From them, more than 10 automatic accessibility evaluation tools were identified. Each of the tools was examined, finding that only the tool *eXaminator* [34] provided a score based on the accessibility of individual web pages. In order to increase the coverage of accessibility criteria and to provide balanced results, two additional tools that provide accessibility scores were selected, these tools being *F AE* [35] and *Tingtun* [36]. It is important to mention that none of the accessibility studies available in literature makes use of these powerful tools, hence, this study intends to provide a holistic accessibility evaluation to provide an alternative point of view related to accessibility in MOOC platforms.

The first tool used, *eXaminator*, is a free web service to check the accessibility of any web page provided by Carlos Benavidez [34]. *eXaminator* allows checking the correct application of the WCAG 2.0 guidelines on the HTML and CSS contents. It calculates the accessibility of the webpage in a fast review and shows the success criteria according to their priority in a final summary, with

an overall score from 1 to 10. This tool is easy to use, but evaluation does not cover the complete success criteria in WCAG 2.0.

The second tool used is the *Functional Accessibility Evaluator (FAE)*, developed in the University of Illinois [35]. This tool is based on a set of five principles: Navigation and Orientation, Text Equivalents, Scripting and Automation, Styling, and Standards Coding techniques. Unlike other tools, which search for specific tags and attributes, such as img tags with no alt attribute, the FAE tool bases the evaluation on the coding techniques recommended in the Best Practices, essentially applying the Best Practices coding examples as rules for the evaluator. FAE offers an overall accessibility score from 1 to 100. Fig. 1 shows an example of the application of the FAE-based tool in one of the evaluated platforms.

The third tool used is *Tingtun* [36]. It can be used with web and pdf documents. This Norwegian project was boosted when a Norwegian law on discrimination and accessibility came into force in July 2013, thus establishing that all Norwegian websites had to be universally designed to assure access for all. The tool presents a concise report; with results the webmasters understand so they can address the identified barriers. The report covers a high-level aggregation of results and observations, as well as hints for repairing with detailed raw data for technical staff. The project evolved to the EIII Checker, and it is actually developed by the European Internet Inclusion Initiative project, pre-

Table 6. Sections selected to analyze in MOOC platforms

Id	Page	Description	Location
1	Home	Main page of MOOC website platform	Public
2	Registration	Page to create a new user in the website	Public
3	Search	Page to search MOOC courses in the website	Public
4	Inscription	Page to enroll in one of the MOOC course offered in the website	Public
5	Help	Help or general information for the student	Public
6	Course	Main page or control panel inside a MOOC course	Private
7	Contents	Page with content index of the MOOC course	Private
8	Text	Page inside a MOOC course with text content	Private
9	Video	Page inside a MOOC course with audiovisual content	Private
10	Forum	Forum inside MOOC course with the possibility of edition	Private
11	Quiz	Page with self-assessment test	Private
12	Progress	Page with information about the student progress	Private

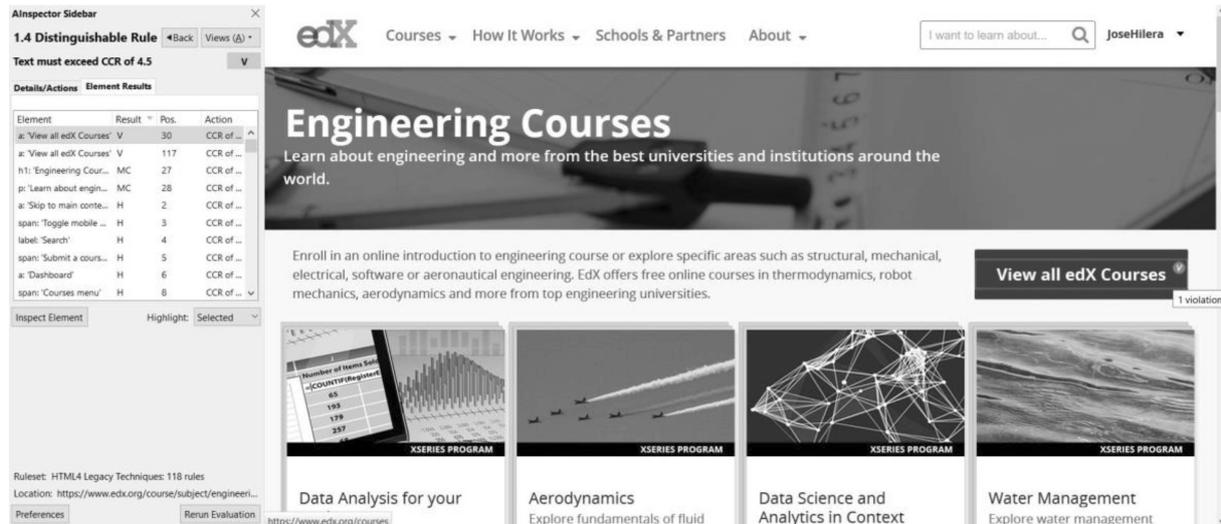


Fig. 1. Example of the application of a FAE-based tool highlighting the detected accessibility issues.

pared to provide services to web pages and PDF documents for accessibility. The page checker automatically detects barriers in Web documents (HTML and XHTML), according to WCAG2.0. *Tingtum* also offers an overall accessibility score from 1 to 100.

4. Results

In this study, each of the MOOC platforms were divided into two sections: the public site or external MOOC and the private site or internal MOOC. The external MOOC section is composed by all the pages that are available for every user. These pages are clearly identified in Table 6, including among them: the main page of the platform, the page to register as new user, the help pages and tutorials to use the educational platform and the search engine interface to explore the available courses. The internal MOOC is the section of all pages that only registered users are able to visit. These group of pages include the unique pages of a course where students interact daily with the learning contents, examples of these pages are: the home page of a course, the pages with learning content, the interface of time-based media including video and audio, the interface for the discussion forums and the interactive application for online tests for evaluation purposes.

It is important to mention that the internal or private site of a MOOC platform requires a login from registered students. In this sense, the open accessibility testing tools, which use the public URL of the page to be evaluated, are restricted to be used efficiently within the external MOOC section. Consequently, to solve this drawback, the private pages of each MOOC platform were care-

fully downloaded and replicated in a public test environment for an appropriate accessibility evaluation. Complementarily, in each of the identified private pages a complete heuristic evaluation was performed by a professional, with proved experience in accessibility, conformance criteria and the way in which students with different disabilities interact with web applications.

In this study, 36 automatic evaluation tests were run for the eight selected MOOC platforms in Table 5, thus giving a total of 288 accessibility tests using the three evaluation tools described in section 3.3. Each of the automatic evaluation tools provided a score according to their specific mathematical relationship based on the evaluation of more than a hundred accessibility success criterion rules. The scores obtained for each page were different depending on the evaluation tool. Based on this, the results average was calculated for each page and a final score was assigned for each platform as depicted in the column titled: "overall automatic evaluation" in Table 7.

With the purpose of identifying the accessibility differences between public and private pages in a MOOC, the final score for public and private pages is divided and presented in Table 7, showing a slight difference, as public pages report a better accessibility performance. It is important to raise awareness that students should have an improved accessibility experience in private pages, based on the fact that they spend most part of their time interacting with the learning content published in the internal MOOC section. Additionally, in this study a detailed heuristic evaluation was performed by two experts for each of the MOOC platforms, to identify the accessibility issues that the automatic evaluation tools are not able to identify. Table 8

Table 7. Results from accessibility evaluation of MOOC platforms

Order	Platform	Overall automatic evaluation	Public pages automatic evaluation	Private pages automatic evaluation	Expert evaluation Number of accessibility success criteria not met
1	edX	91.73	93.00	90.74	5
2	Futurelearn	74.56	77.07	72.76	11
3	UNED COMA	78.25	83.53	74.48	15
4	NovoEd	72.91	73.00	71.64	16
5	Coursera	69.03	67.93	69.81	16
6	MiriadaX	63.33	64.53	62.48	18
7	Udemy	62.69	63.40	62.19	20
8	Udacity	58.94	58.00	59.72	22

presents a score based on the number of accessibility criteria failures in the column titled: “heuristic evaluation”. In this case the platforms with the fewer errors are the most valued ones.

In Table 7, the eight MOOC platforms evaluated in this study are presented based on the identified level of accessibility in the following order, starting with the best evaluated MOOCs: edX, Futurelearn, UNED COMA, NovoEd, Coursera, MiriadaX, Udemy and Udacity.

Moreover, table 8 shows in detail the WCAG 2.0 accessibility Success Criteria (SC) of levels A and AA that were not fulfilled by the eight platforms (100%). In this table appears only the SC code, whose description can be found in Table 2. There are two success criteria that any of the MOOC platform satisfied: 1.3.1 and 4.1.2. The first is related to the logical structure of the page, and the main problems arise because in many cases HTML attributes are used to control the visual presentation of the pages instead of using CSS styles. In other cases, there are problems with page heading, some pages and tables headers are missing or are not correctly nested. On the other hand, the 4.1.2 SC problems detected are mainly because of links, form controls and frames with no name or a duplicated one.

There are four success criteria that seven platforms (87%) did not meet: 1.4.3, 2.4.1, 3.3.2 and 4.1.1. The first is based on the low contrast ratio of text in several pages. The SC 2.4.1 is not fulfilled because it is not possible to skip content blocks and

because the first link of the pages does not go to the main content of the page. The problem with 3.3.2 is that in many cases there is no label in form controls that could clearly identify its purpose and the alternatively usable title is also missing. Many platforms did not meet also SC 4.1.1 because there are a lot of HTML elements with duplicated IDs.

Other four success criteria are not met by six platforms (75%). These are: 1.1.1, 1.2.5, 2.1.1 and 2.4.6. The first is because there are images without alternative text. The SC 1.2.5 is not fulfilled because there is video content with no audio-description, and the platforms do not offer a general mechanism to guarantee it in every course. The problem with 2.1.1 is that not all functionality is operable through a keyboard. And regarding 2.4.6, there are empty headings and lack of labels that describe the topic or purpose.

Finally, two more success criteria are not met by five of the MOOC platforms (62%): 1.2.1 and 2.4.4. The SC 1.2.1 is not fulfilled because no alternative is provided for pre-recorded video-only media, and the platforms do not offer a general mechanism for guarantee this in every course. The problem with SC 2.4.4 is that there are links whose purpose cannot be determined from the link text.

5. Discussion

Based on this experience, the two most valued platforms are firstly edX, and secondly Futurelearn.

Table 8. Success Criteria (SC) of levels A and AA not met by more than 50% of MOOC platforms

SC	edX	Future Learn	UNED COMA	NovoEd	Coursera	MiriadaX	Udemy	Udacity
1.3.1	x	x	x	x	x	x	x	x
4.1.2	x	x	x	x	x	x	x	x
1.4.3	x		x	x	x	x	x	x
2.4.1		x	x	x	x	x	x	x
3.3.2	x		x	x	x	x	x	x
4.1.1	x	x		x	x	x	x	x
1.1.1			x	x	x	x	x	x
1.2.5			x	x	x	x	x	x
2.1.1			x	x	x	x	x	x
2.4.6		x	x		x	x	x	x
1.2.1			x	x		x	x	x
2.4.4		x			x	x	x	x

Coincidentally, it is important to mention that both platforms, edX and Futurelearn are the only platforms that have a public accessibility statement published in their websites, stating their commitment to provide an accessible platform according to their national laws. In the first case, edX is a platform led by the Massachusetts Institute of Technology and Harvard University, institutions in the United States of America, thus following the accessibility law Section 508 of the Rehabilitation Act [37]. In the second case, Futurelearn is a platform led by The Open University, an institution with an important advocacy towards accessibility that follows the laws enforced in United Kingdom by the British Standard 8878 [38].

For the purpose of validating the results of this study, these findings were compared with the conclusions from the works presented in Table 4. As a starting point, the work presented in [27], presented the following order: UNED COMA, COLMENIA and MiriadaX. This order is in line with the results of this study coinciding with the first and third platforms. On the other hand, it is done the comparison with the work in [30] which is relevant because it was evaluated by a blind person, considered as a building block of the heuristic evaluation involving final users with disabilities. In this study the order was: edX, Coursera, Iversity, OpenCourseWorld and Udacity. For this second study, the results are in line with the findings in this research, where edX was best evaluated than Coursera and Udacity was in the last place.

Interestingly, the work in [32], is completely different from the study here presented. In this third work the order is as follows: Coursera, edX, Udacity, Udemy, MiriadaX and MIT, while the order in this study is: edX, Futurelearn, UNED COMA, NovoEd, Coursera, MiriadaX, Udemy and Udacity. Evidently, the results are mixed in different order. In this case it is important to mention that the study in [32] used only two accessibility evaluation tools: AChecker and SortSite. A third tool was identified as Pigdom but it does not provide a score based on accessibility. As a conclusion, regarding the procedure identified in the study in [32], it had a focus on the external MOOC as identified in section 4, and relied on a few automatic tools that in some cases may hinder a holistic evaluation. Despite these clear differences with the study in [32] the overall experience provided interesting findings and valuable tools to be used as a support for the technical staff in any educational institution.

Accessibility results have not showed relation with the popularity of the platform neither with their public or private nature. Coursera is the most popular platform with the highest number of users,

followed by Udemy (Table 5). However, Table 7 illustrates that edX is the most accessible, while Coursera is in the fifth place and Udemy in the seventh.

Experiences with massive open online courses (MOOCs) are being part of modern engineering degrees, thus providing practical interactive activities to improve teaching-learning strategies with online courses and social community learning with peers from different countries. It is important to mention that the nature of the MOOC movement is clearly related to engineering and more than a fifty percent of the courses available in the different platforms are related to subjects involved in engineering degrees. Moreover, the MOOC movement is a valuable learning strategy to provide engineering education to all students in a worldwide community, but especially including students with disabilities that for different reasons can be part of a face-to-face session and naturally have the rights to make use of this myriad of teaching-learning innovative strategies.

In this study, accessibility of the eight most popular MOOC platforms was analyzed technically based on the fulfillment of the WCAG 2.0 guidelines. In future studies, not only technical aspects could be considered, but also it is important to analyze that the pedagogical concepts meet other specific guidelines about inclusive e-learning [39, 40]. Besides, a complementary study could focus on the accessibility analysis inside the MOOC courses. This will be a complex endeavor because the accessibility depends also on the authors work, and it depends on whether they took care about the accessibility guidelines when they developed the teaching materials (documents, presentations, videos, etc. [41]). However, if the platform is not accessible, the resources will not be used, and the first priority is to ensure the accessibility of the platforms as it was analyzed in this study. On the other hand, if the platform is accessible but the learning content is not accessible, the overall MOOC course will not be accessible at all. Bearing this in mind it is important to highlight that accessibility is a continuous task involving not only technology but also the stakeholders in the teaching-learning process.

6. Conclusion

The main result of this study identified the level of accessibility of MOOC platforms in the following order, starting with the best evaluated MOOCs: edX, Futurelearn, UNED COMA, NovoEd, Coursera, MiriadaX, Udemy and Udacity. With this in mind, if a teacher wants to develop a MOOC course or wants to recommend a course to his students, the

teacher should have as his first options edX and Futurelearn. Moreover, the technical staff in educational institutions should follow the Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) and they are encouraged to use as support to their own evaluations the powerful accessibility tools: eXaminator, FAE and Tingtun.

References

- L. Pappano, The year of the MOOC, *The New York Times*, 2(12), 2012.
- S. Khan, Khan Academy. <https://www.khanacademy.org> Accessed 22 January 2016.
- A. Regalado, The most important education technology in 200 years, *MIT Technology Review*, 116(1), 2012, pp. 61–62.
- G. Fischer, Beyond hype and underestimation: identifying research challenges for the future of MOOCs, *Distance Education*, 35(2), 2014, pp. 149–158.
- R. Legon, MOOCs and the quality question, *Inside Higher Education*, 2013.
- A. Margaryan, M. Bianco and A. Littlejohn, Instructional quality of Massive Open Online Courses (MOOCs), *Computers & Education*, 80(1), 2015, pp. 77–83.
- S. Hayes. MOOCs and Quality: A Review of the Recent Literature, *MOOCs Network Event: Making a Quality MOOC*, 2015.
- N. P. Morris, How digital technologies, blended learning and MOOCs will impact the future of Higher Education, *Proceedings of eLearning*, 2014.
- N. Piedra, J. Chicaiza, J. Lopez and E. Tovar Caro, Supporting openness of MOOCs contents through of an OER and OCW framework based on Linked Data technologies, *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2014, pp. 1112–1117.
- J. Glennie, K. Harley, N. Butcher, and T. van Wyk, Open Educational Resources and Change in Higher Education: Reflections from Practice, *UNESCO-Commonwealth of Learning*, Vancouver, 2012.
- N. Piedra, E. Tovar, R. Colomo-Palacios, J. Lopez-Vargas and J. Chicaiza, Consuming and producing linked open data: the case of OpenCourseware, *Program: electronic library and information systems*, 48(1), 2014, pp. 16–40.
- C. S. Ong, J. Y. Lai and Y. S. Wang, Factors affecting engineers' acceptance of asynchronous e-learning systems in high-tech companies, *Information & management*, 41(6), 2004, pp. 795–804.
- M. Lytras and W. Scacchi, Guest Editorial Open-Source Software for Engineering Education: Pedagogical Strategies That Leverage Open-Source Tools. *IEEE Transactions on Education*, 50(4), 2007, pp. 290–291.
- G. Christensen, A. Steinmetz, B. Alcorn, A. Bennet, D. Woods and E. J. Emmanuel, The MOOC Phenomenon: Who Takes Massive Open Online Courses and Why?, *University of Pennsylvania*, 2013.
- K. Schrey-Niemenmaa and S. Mursu, The Changing Needs of Engineers for Professional Development. *IACEE World Conference of Continuing Engineering Education*, Stanford, 2014.
- United Nations, *Disability and the Millennium Development Goals*, New York, USA, 2011. Available online: http://www.un.org/disabilities/documents/review_of_disability_and_the_mdgs.pdf, Accessed 25 September 2015.
- E. Serrano, A. Moratilla and I. Olmeda, Métrica para la evaluación de la accesibilidad en Internet: propuesta y testeo, *Revista Española de Documentación Científica*, 33(3), 2010, pp. 378–396.
- World Wide Web Consortium, *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*, 2008. Available online: <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>. Accessed 25 September 2015.
- International Standard Organization, *ISO/IEC 40500:2012, Information technology—W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*, Genève, Switzerland, 2012.
- European Union, *European Parliament legislative resolution of 26 February 2014 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the accessibility of public sector bodies' websites*, 2014. Available online: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P7-TA-2014-0158+0+DOC+XML+V0//EN>. Accessed 25 September 2015
- J. R. Hiler, L. Fernámdez, E. Suárez and E. Vilar, Accessibility assessment of web pages of Spanish and foreign universities included in international rankings, *Revista Española de Documentación Científica*, 36(1), 2013.
- A. Rodríguez-Ascaso and J. G. Boticario, Accessibility and MOOC: Towards a holistic perspective, *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 18(2), 2015, pp. 61–85.
- S. Sanchez-Gordon and S. Luján-Mora, Web Accessibility Requirements for Massive Open Online Courses, in *Proceedings of the International Conference on Quality and Accessibility Virtual Training (CAFVIR)*, Universidad Galileo, Guatemala, 2014, pp. 530–535.
- edX Accessibility Guidelines, in *edX Developers Guide*, 2015. Available online: <http://edx-developer-guide.readthedocs.org/en/latest/accessibility.html>. Accessed 25 September 2015.
- S. Sanchez-Gordon and S. Luján-Mora, Accessibility considerations of Massive Open Online Courses as creditable courses in Engineering Programs, in *Proceedings of the International Conference on Education, Research and Innovation (ICERI)*, 2013, pp. 5853–5862.
- S. Sanchez-Gordon and S. Luján-Mora, Web accessibility of MOOC for elderly students, in *Proceedings of the International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, IEEE Press, New York, 2013, pp. 1–6.
- F. Iniesto and C. Rodrigo, Accessibility assessment of MOOC platforms in Spanish: UNED COMA, COLMENIA and Miriada X, in *Proceedings of the International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, IEEE Press, New York, 2014, pp. 169–172.
- F. Iniesto, C. Rodrigo and A. Moreira, Accessibility analysis in MOOC platforms. A case study: UNED COMA and UAb iMOOC, in *Proceedings of the International Conference on Quality and Accessibility Virtual Training (CAFVIR)*, Universidad Galileo, Guatemala, 2014, pp. 545–550.
- N. A. Al-Mouh, A. S. Al-Khalifa and H. S. Al-Khalifa, A First Look into MOOC Accessibility, in *Proceedings of the Computers Helping People with Special Needs Conference (ICCHP)*, Springer, 2014, pp. 145–152.
- M. Bohnsack and S. Puhl, Accessibility of MOOCs, in K. Miesenberger, in *Proceedings of the Computers Helping People with Special Needs Conference (ICCHP)*, Springer, 2014, pp. 141–144.
- J. Flórez, K. J. Ruiz, N. Castaño, V. Tabares and N. Duque, Accesibilidad en Sitios Web que Apoyan Procesos Educativos, in *9ª Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje (LACLO)*, 2014. Available online: <http://www.laclo.org/papers/index.php/laclo/article/view/225>. Accessed 25 September 2015
- J. Pascual, C. Castillo, V. Garcia-Diaz and R. González, Method for analysing the user experience in MOOC platforms, in *Proceedings of the International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, IEEE, 2014, pp. 157–162.
- W3C (2015). *Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology 1.0. W3C Working Draft*. World Wide Web Consortium. Available online: <http://www.w3.org/TR/WCAG-EM>, Accessed 25 September 2015.
- C. Benavidez, eXaminator, 2005. Available online: <http://examinator.ws>, Accessed 25 September 2015.
- Open Accessibility Alliance, Functional Accessibility Evaluator 2.0: Testing, 2014. Available online: <http://fae20.cita.illinois.edu>, Accessed 25 September 2015.
- Tingtun, Tingtun, 2014. Available online: <http://tingtun.no>, Accessed 25 September 2015.
- Section 508 of the Rehabilitation Act. 29 U.S.C. § 794d. Accessibility for People with Disabilities in the Information Age, 1998. Available online: <https://www.section508.gov/content/learn/laws-and-policies> Accessed 25 September 2015
- British Standard: “BS 8878:2010, Web accessibility, code of

- practice. British Standard”, 2010. Available online: <http://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=00000000030180388>, Accessed 25 September 2015.
39. Center for Applied Special Technology (CAST), *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*, Wakefield, 2011. Available online: <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines>, Accessed 25 September 2015.
40. H. Amado-Salvatierra, L. Quan and R. Hernández, Methodological guide for the creation of virtual accessible curriculum development, Galileo University, 2015. Available online: http://www.esvial.org/?dl_id=156, Accessed 25 September 2015.
41. J. R. Hiler and E. Campo (eds.), *Guide for creating accessible digital content: Documents, presentations, videos, audios, and web pages*, University of Alcalá, Spain, 2015. Available online: http://www.esvial.org/?dl_id=125, Accessed 25 September 2015.

José Luis Martín Núñez is a Telecommunication Engineer. Master in Business Administration, Master in Organizational Engineering, Master in Software Engineering for the web. Assistant Professor in Institute of Education Sciences at the Technical University of Madrid. Member of the Innovation Educative Group: “Business and Technology” (GESTY-TEC). Member of the Investigation Group: GTIC.

Héctor Amado-Salvatierra is part of the GES Department at Galileo University, Guatemala. He is involved in international projects related to e-learning and accessibility, among the projects are the following: UNI-Access, ACAI-LA, MOOC-Maker, ESVI-AL and IDEAL-IST. He is actually a Ph.D. candidate for Universidad de Alcalá, Spain. His current research focuses on accessibility in e-learning, MOOCs and curriculum development methodologies.

José Ramón Hiler González is a Ph.D. and Telecommunication Engineer. Professor on Web Accessibility at the University of Alcalá, Spain. Member of the W3C Accessible Online Learning Community Group (AccessLearn). Member of different working groups of the Spanish National Standards Organization (AENOR), focused on e-Learning quality and accessibility. Coordinator of the E.U. project ESVI-AL for improving the accessibility of e-Learning in Latin America.

4. Publicación III (Artículo JCR): Formalización de un Marco Metodológico Para la Implementación de un Proyecto Educativo Virtual Accesible

4.1 Descripción de aportes al objetivo de la tesis

El tercer artículo que forma parte de este trabajo de tesis fue publicado en 2017 en la revista: *Educación XX1* (Amado-Salvatierra, Hilera y Otón, 2017).

El artículo en su conjunto representa un componente fundamental de este trabajo de tesis, principalmente porque permite alcanzar buena parte de los objetivos y complementar las principales preguntas de investigación que se detallan a continuación.

El artículo presenta una extensa revisión de literatura en metodologías para la formación virtual accesible dividida en dos partes: Las metodologías existentes para la creación de cursos de formación virtual y propuestas existentes para la inclusión de la accesibilidad en el proceso formativo virtual. En este sentido, la publicación cumple el Objetivo 1 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis analizando el estado de arte de modelos didácticos y pedagógicos que buscan implementar proyectos virtuales accesibles. A la vez, identifica los marcos de referencia para la producción de proyectos educativos virtuales. Se identifica claramente la carencia de un marco de referencia que tome en cuenta los aspectos de accesibilidad.

El desarrollo del artículo se propone cuatro fundamentos sobre los cuales debe basarse una metodología propuesta. En el caso particular de este artículo se detallan cada uno de los componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual, compuesto por siete procesos: análisis de necesidades, análisis del marco, concepción y diseño, desarrollo y producción, implementación, aprendizaje y finalmente evaluación y optimización. Se presenta una metodología basada en la norma ISO 19796. De esta forma, el trabajo presentado en este artículo responde a las preguntas de investigación PI1 y PI2, demostrando que es posible complementar con aspectos de accesibilidad, los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente, en este caso la norma ISO 19796. Concretamente, el artículo propone una solución metodológica concreta que incorpora los aspectos de accesibilidad en sus procesos y componentes que totalizan 467 elementos (actividades, tareas, productos, métodos, métricas y participantes), cumpliendo de esta forma el Objetivo 3 planteado en la Apartado 1.3.

Posteriormente, el artículo presenta el proceso de validación de la propuesta por medio de la creación de cursos virtuales haciendo uso de la metodología diseñada, cumpliendo de esta forma el Objetivo 4 de este trabajo de tesis. Puntualmente, se responde a la pregunta de investigación PI3 que cuestiona sobre la posibilidad de diseñar un curso virtual accesible orientado para docentes para explicar cada uno de los procesos del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible, siguiendo la metodología propuesta.

En relación al curso de formación para docentes, preparado siguiendo la metodología propuesta, se describen dos fases de validación. Inicialmente se realiza una prueba piloto con 33 docentes para recibir valiosos aportes y sugerencias para la mejora del curso y su impartición a gran escala. En dicha fase los docentes completaron un instrumento de evaluación tanto sobre la metodología como el curso. Es importante mencionar también que los docentes que aprobaron el curso piloto fueron invitados a participar como tutores en las siguientes ediciones.

La segunda fase de validación se realizó con siete ediciones semi-presenciales, contado con un total de 401 docentes inscritos de siete países de Latinoamérica. Complementariamente, en base a la experiencia adquirida y buscando una mayor difusión y alcance para dar a conocer la metodología, se diseñó un curso totalmente en línea. En esta nueva fase un total de 748 docentes de al menos 150 instituciones educativas diferentes participaron en el curso. Es importante destacar que los docentes fueron formados en el uso de la metodología propuesta. En el curso los docentes tenían entre sus actividades la realización de una propuesta de un curso virtual. Contando con al menos 336 docentes aprobados, la experiencia ha generado más de 300 propuestas de cursos que han utilizado la metodología por lo que es posible responder afirmativamente a la pregunta de investigación PI4 de la siguiente forma: La metodología propuesta para diseño de proyectos educativos virtuales accesibles puede ser aplicada por cualquier docente sin necesidad de conocimientos específicos adicionales. La experiencia en total contó con la participación de 1182 docentes.

Finalmente, el trabajo publicado en la revista *Educación XX1* aporta para contestar la pregunta de investigación PI8, identificando que se debe preparar un curso de formación para docentes, como uno de los actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible.

4.2 Índices de calidad

<p>Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J.R., Otón, S. <i>Formalización de un marco metodológico para la implementación de un proyecto educativo virtual accesible.</i> Educación XX1. (En prensa). ISBN/ISSN: 2174-5374/1139-613X Universidad Nacional de Educación a Distancia España DOI: http://dx.doi.org/10.5944/educxx1.15591 Enviado 11/11/2015, Aceptado 07/12/2016, Publicado 02/02/2017</p>	
Resumen	<p>En este trabajo se propone un marco metodológico de referencia para tomar en cuenta la accesibilidad en los diferentes procesos del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual. En el marco de una iniciativa de cooperación entre universidades europeas y latinoamericanas, la metodología ha sido difundida mediante un proceso de formación docente a gran escala. Un total de 12 ediciones del curso preparado han sido impartidas, 8 ediciones en formato semipresencial y 4 online. Un total de 1182 docentes han sido formados (509 hombres y 673 mujeres).</p> <p>Este trabajo aporta una metodología basada en un marco para la descripción de la calidad de procesos de formación. Esto permitirá que cualquier institución pueda tomarla como referencia y realizar las adaptaciones necesarias para incorporar la accesibilidad en sus procesos de producción de cursos virtuales.</p>
Indicios de Calidad	<p>La revista Educación XX1 está referenciada en el ISI Journal Citation Reports (JCR) de Thomson Reuters/Web of Science (Social Science Citation Index) con un índice de impacto de 0.406 (2015). La revista cuenta con el sello de calidad de la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y Tecnología) y calificación ANEP: A+. La revista tiene una especial difusión entre docentes, lo que la hace un punto importante para mayor visibilidad y difusión de la propuesta que este trabajo de tesis presenta.</p> <p>La revista está registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.242 (2015).</p>

Tabla 10. Resumen de publicación III

4.3 Artículo



ISSN (VERSIÓN ELECTRÓNICA): 2174-5374

FORMALIZACIÓN DE UN MARCO METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO EDUCATIVO VIRTUAL ACCESIBLE

(FORMALIZATION OF A METHODOLOGICAL FRAMEWORK TOWARDS THE IMPLEMENTATION OF AN ACCESSIBLE VIRTUAL EDUCATIONAL PROJECT)

Héctor R. Amado-Salvatierra
Universidad Galileo, Guatemala

José Ramón Hilera González
Salvador Otón Tortosa
Universidad de Alcalá

Cómo referenciar este artículo/How to reference this article:

Amado-Salvatierra, H.R.; Hilera González, J.R. y Otón Tortosa, S. (en prensa). Formalización de un marco metodológico para la implementación de un proyecto educativo virtual accesible. *Educación XXI*.

Amado-Salvatierra, H.R.; Hilera González, J.R. & Otón Tortosa, S. (in press). Formalización de un marco metodológico para la implementación de un proyecto educativo virtual accesible. [Formalization of a methodological framework towards the implementation of an accessible virtual educational project]. *Educación XXI*.

RESUMEN

La educación enfrenta una constante evolución y la adopción de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TICs) en las actividades académicas se refleja en la inclusión de cursos en modalidad virtual en el proceso formativo. Sin embargo, factores de accesibilidad de las plataformas y los cursos virtuales no se han tomado en cuenta en el proceso formativo, en especial en países en desarrollo que no cuentan con legislación que incentive a tomar en cuenta la accesibilidad que representa un magnífico beneficio para estudiantes con discapacidad.

En este trabajo se propone un marco metodológico de referencia para tomar en cuenta la accesibilidad en los diferentes procesos del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual. La metodología propuesta se ha basado en una norma de estandarización internacional y ha sido complementada con experiencias prácticas implementando cursos virtuales en diferentes contextos.

Con el objetivo de validar el marco metodológico, un curso de formación virtual accesible para docentes ha sido preparado. La metodología ha sido validada con un proceso iterativo de tres fases, recolectando comentarios y sugerencias de los distintos actores involucrados en el proceso formativo para mejorar la comprensión y facilidad de uso de la misma. En el marco de una iniciativa de cooperación entre universidades europeas y latinoamericanas, la metodología ha sido difundida mediante un proceso de formación docente a gran escala. Un total de 12 ediciones del curso preparado han sido impartidas, 8 ediciones en formato semipresencial y 4 online. Un total de 1182 docentes han sido formados (509 hombres y 673 mujeres).

Este trabajo aporta una metodología basada en un marco para la descripción de la calidad de procesos de formación. Esto permitirá que cualquier institución pueda tomar como referencia esta metodología y realizar las adaptaciones necesarias para incorporar la accesibilidad en sus procesos de producción de cursos virtuales.

PALABRAS CLAVE

Accesibilidad; Tecnología Educativa; formación en línea; Instrucción Basada en Web, enseñanza virtual.

ABSTRACT

The development of education faces a constant evolution and the adoption of new information and communication technologies (ICTs) for education is reflected in the inclusion of virtual courses in the educational process. However, accessibility in virtual platforms and courses has not been taken into account in the educational process, especially in developing countries that do not have legislation that encourages the consideration of accessibility, a very important benefit for students with disabilities.

This paper proposes a methodology to take accessibility into account in the different processes of the life cycle of a virtual educational project. The creation of this methodology has taken place under an iterative process, based on an international standard, and complemented with practical experiences.

In order to validate the proposed methodology, an accessible virtual training course for teachers was prepared. The methodology was validated with an iterative design consisting of three phases. Following this experience, comments and suggestions were gathered from several stakeholders in the virtual education process. As part of a cooperation initiative between European and Latin American universities, the proposed methodology was distributed through mass training for teachers. A total of 12 editions of the prepared course have been taught, 8 editions in a blended-learning approach and 4 courses with an online learning focus. A total of 1,182 teachers have participated in the training experience (509 men and 673 women).

This study provides a methodology based on a framework for describing the quality of educational processes. This will allow any institution to use this methodology as a reference in order to work on the changes needed to incorporate accessibility into their own production processes for virtual courses.

KEYWORDS

Accessibility; Educational Technology; Electronic Learning; Web Based Instruction.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de la Iniciativa de la Accesibilidad Web (WAI) ha permitido despertar conciencia respecto a la importancia de implementar estándares de accesibilidad en las páginas web (W3C, 2012). La accesibilidad en los sistemas web (compuestos por diferentes páginas web) en la presente sociedad de la información, tiene una repercusión a todo nivel, especialmente en la educación virtual. La educación virtual (e-Learning) está cada vez más adoptada por las instituciones educativas, lideradas principalmente por las instituciones de educación superior que a través de sus programas de educación a distancia ofrecen cursos completos en modalidad virtual por medio de plataformas tecnológicas. En países como España, Estados Unidos, Reino Unido y Canadá, la legislación en materia de accesibilidad a todo nivel, especialmente en los sistemas basados en Internet, promueve e incentiva la preparación de contenido accesible. Sin embargo, en países en desarrollo existe una gran diferencia en términos de legislación sobre accesibilidad, limitaciones tecnológicas, acceso y uso de tecnología de apoyo. También se ha identificado una carencia de formación accesible para los creadores de contenido y páginas web. (Kelly, Lewthwaite y Sloan, 2010).

En relación con las tecnologías de apoyo accesibles para el aprendizaje online y presencial, Burgstahler, Anderson y Litzkow (2011) presentan un estudio de las diferentes opciones disponibles. Seale (2007) presenta un resumen de los productos de apoyo a la accesibilidad disponibles y como ayudan a los alumnos con discapacidad. Un paso más adelante, Hersh (2014) propone un marco de evaluación de las tecnologías de apoyo basado en diferentes principios como la disponibilidad, facilidad de uso, tipo de discapacidad que apoyan y resultados de aprendizaje, entre otros.

Este trabajo busca proponer una solución holística, que tome en cuenta los diferentes factores involucrados en el proceso de creación de cursos virtuales accesibles. Se propone una metodología basada en la norma internacional ISO/IEC 19796, que define un marco de referencia para la descripción de los diferentes procesos involucrados en formación virtual. Se proponen adaptaciones para incorporar la accesibilidad en los diferentes procesos de producción de cursos virtuales, de forma que

este marco de referencia pueda ser utilizado por cualquier institución para comparar y adaptar sus propios procesos hacia una formación virtual accesible.

El artículo está organizado de la siguiente forma: En primer lugar se presenta una revisión de las diferentes metodologías existentes para la creación de cursos de formación virtual. También se identifican las principales acciones propuestas para incluir los aspectos de accesibilidad en el proceso educativo. Seguidamente se procede a detallar el proceso realizado para la construcción de la metodología propuesta, presentando los principales componentes incorporados para tomar en cuenta la accesibilidad. Luego se presentan las acciones realizadas para validar la metodología. Se detalla el proceso de implementación de un curso virtual accesible de formación para docentes. El curso ha sido preparado siguiendo los procesos propuestos en la metodología a través de un proceso iterativo de tres fases. Siguiendo las tres fases de implementación se han impartido doce ediciones de la acción formativa destinada para docentes en América Latina. Finalmente se presentan las principales conclusiones y lecciones aprendidas de la experiencia, así como oportunidades de mejora de la propuesta para trabajo futuro en busca de una mayor aceptación y replicación.

Revisión de literatura en metodologías para la formación virtual accesible

Metodologías para la creación de cursos de formación virtual

El ciclo de vida de un proyecto educativo virtual representa las diferentes etapas que se realizan desde su diseño hasta su evaluación. El ciclo de vida de un proyecto educativo virtual se compone de diferentes conceptos, procesos, productos y participantes involucrados. Los procesos o fases que componen el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual son definidos con apoyo del aprendizaje de diferentes experiencias exitosas de implementación en las instituciones educativas y no existe una fórmula común a seguir. Debido a que existen diversos enfoques, la Organización Internacional de Estandarización ha propuesto la norma ISO/IEC 19796 (ISO, 2005). Esta norma propone un marco de referencia para la descripción de propuestas de calidad de procesos educativos. El objetivo de la norma ISO/IEC 19796 es proporcionar un marco común para describir, especificar y entender propiedades, características, términos, definiciones y medidas críticas en los procesos requeridos para aplicar las

tecnologías de la información en la enseñanza, educación y formación. Este marco de referencia (ISO, 2005) permite describir los procesos educativos que se implementan en una institución para poder ser comparados con otras implementaciones y buscar una armonización respetando las diferencias existentes entre propuestas.

Entre los ejemplos de modelos de procesos educativos implementados se pueden mencionar: Alemania cuenta con la norma DIN PAS 1032-1 (DIN, 2004) enfocada en e-Learning; Francia utiliza la norma AFNOR Z 76-001 (AFNOR, 2004); China dispone de la norma CELTSC (Yi y otros, 2004) y en España ha sido adaptada la norma UNE-EN ISO/IEC 19796-1 (AENOR, 2010).

El marco propuesto en la norma ISO/IEC 19796 (ISO, 2005) identifica siete procesos relevantes dentro del ciclo de vida de los sistemas de información y comunicación utilizados para el aprendizaje, educación y formación. Los siete procesos son: (1) Análisis de necesidades; (2) Análisis del marco; (3) Concepción y Diseño; (4) Desarrollo y Producción; (5) Implementación; (6) Aprendizaje; (7) Evaluación y Optimización. Cada uno de los procesos contiene una serie de subprocesos para un total de 38 subprocesos.

La norma ISO/IEC 19796 está compuesta de cinco partes que están descritas en documentos que proveen definiciones y ejemplos de implementaciones exitosas. La primera parte define los fundamentos de la norma. Se destaca la tercera parte de la norma, ISO/IEC 19796-3 (ISO, 2009), que presenta la propuesta para describir las técnicas y procedimientos involucrados en los procesos de un ciclo de vida de un proyecto educativo virtual. La tercera parte de la norma permite describir las técnicas y procedimientos utilizados en los procesos educativos. También permite describir los productos que se obtienen de las técnicas utilizadas. Esta parte de la norma es utilizada para definir las métricas disponibles para verificar la calidad de los productos relacionados con cada fase del proceso de aprendizaje. Finalmente se destaca la importancia de la tercera parte de la norma que permite describir las funciones y competencias de las distintas personas involucradas en los procesos formativos. Es importante resaltar la próxima versión de la norma se encuentra en revisión y ha sido identificada como ISO/IEC 36000 (ISO, 2015). Esta nueva versión extiende el marco propuesto en base a prácticas exitosas de implementación. Sin embargo, la misma

carece, al igual que su predecesora, de aspectos específicos relacionados con la accesibilidad en la formación virtual.

Propuestas para la inclusión de la accesibilidad en el proceso formativo virtual

Entre las principales iniciativas existentes para tomar en cuenta los aspectos de accesibilidad en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual, Seale (2007) propone tres acciones para desarrollar prácticas de aprendizaje accesible:

1. Formación para desarrollar contenido multimedia y objetos de aprendizaje accesibles.
2. Implementar soluciones holísticas para desarrollar e-Learning y experiencias semi-presenciales accesibles.
3. Fomentar la creación de programas institucionales para crear conciencia y abordar los problemas de accesibilidad.

A continuación se analizan las tres acciones propuestas por Seale (2007) complementadas con una revisión de literatura. En relación con la primera acción relacionada con la formación, las fases iniciales de producción de cursos en modalidad virtual involucran la participación relevante de los docentes. Acerca de los conocimientos que un docente debe tener, Smith, Spiegel y Cox (2010) identifican una alarmante carencia de entrenamiento para los docentes sobre como diseñar cursos accesibles. Al respecto de los conocimientos de accesibilidad que los diferentes involucrados en el proceso de creación de cursos virtuales deben tener, el Comité Europeo de Normalización (CEN, 2011) propone un currículo de formación para profesionales de tecnologías de la información y comunicación (TICs) en Diseño Universal. Este currículo propuesto representa una importante base para la formación en accesibilidad, destacando la importancia de entender los problemas que un estudiante con discapacidad puede enfrentar al recibir contenido o actividades formativas en un formato no accesible. Complementariamente, Cooper (2007), resalta que no es necesario que los docentes se conviertan en expertos de accesibilidad, pero sí deben conocer acerca de los aspectos generales de la accesibilidad y la forma en que un estudiante con discapacidad utiliza las diferentes tecnologías y productos de apoyo para aprender. En aspectos de formación a docentes, McAndrew, Farrow y Cooper (2012),

presentan un plan de enseñanza profesional en cuatro fases para adaptar recursos de aprendizaje online para que sean accesibles.

Es importante destacar que la temática en Diseño Universal propuesta en el currículo (CEN, 2011) ha sido contextualizado hacia los aspectos formativos mediante la propuesta del Diseño Universal para el Aprendizaje (CAST 2011). La propuesta del Diseño Universal del Aprendizaje busca la generación de currículos que puedan ser adaptables a diferentes tipos de estudiantes. Esta propuesta se basa en incorporar aspectos de flexibilidad en las actividades relacionadas a la definición de los objetivos de aprendizaje, métodos, materiales y procedimientos de evaluación de la acción formativa. Esta flexibilidad permite a los docentes responder correctamente las necesidades de todos los estudiantes en las diferentes etapas del proceso educativo.

Sobre la segunda fase propuesta por Seale (2007), destinada a implementar soluciones holísticas para desarrollar soluciones e-Learning, Conole y otros (2004) proponen un mapeo de herramientas y estrategias pedagógicas para un diseño de aprendizaje a distancia efectivo, aunque no toman en cuenta aspectos de accesibilidad. Kelly y otros (2007) proponen un primer modelo holístico para accesibilidad en e-Learning. Posteriormente Phipps y Kelly (2006) complementan el enfoque holístico hacia la accesibilidad en e-Learning basado en los cuatro aspectos siguientes:

- Proporcionar usabilidad a las plataformas de aprendizaje.
- Trabajar hacia la adaptación de los modelos de aprendizaje accesibles.
- Preparar cursos y contenidos accesibles.
- Adaptación al contexto en el que se realiza la acción formativa tomando en cuenta los factores individuales, locales, políticos y culturales.

Phipps y Kelly (2006) proponen cinco etapas para el desarrollo de e-Learning accesible que se resumen a continuación:

- Crear conciencia. Entender las necesidades de los estudiantes, el uso de recursos y su relación hacia la inclusión.
- Investigación. Identificar buenas prácticas existentes en busca de accesibilidad y usabilidad en plataformas y contenidos.

- **Comprensión.** Evaluación de la adaptación de las prácticas existentes y su aplicabilidad hacia la consecución de los objetivos de aprendizaje por parte del estudiante.
- **Implementación.** Acciones para adaptación de las prácticas existentes al contexto de la acción formativa, identificación de alternativas y trabajo en ajustes necesarios.
- **Evaluación.** Verificación de la calidad e identificación de efectividad para alcanzar los objetivos de aprendizaje por parte de los estudiantes.

Por su parte, Seale (2006) propone un modelo contextualizado para la práctica de e-Learning accesible en la educación superior basado en tres aspectos principales: legislación, guías universales y estándares universales. Los tres aspectos propuestos por Seale (2006), están complementados paralelamente por siete mediadores que toman en cuenta enfoques basados en los siguientes conceptos: discapacidad, accesibilidad, integración y segregación, responsabilidades, comunidad y trabajo en equipo y autonomía. En relación con los puntos de vistas de mediadores y enfoques de accesibilidad presentados por Seale (2006), Guglielman (2013), realiza una propuesta de metodología hacia la accesibilidad en la educación basada en cinco puntos de vista, destacando la propuesta de aplicar guías específicas por tipo de discapacidad en las etapas de diseño.

Complementando las propuestas holísticas sobre accesibilidad en e-Learning, Santos y Boticario (2015) proponen una serie de guías prácticas para diseñar y evaluar sistemas en plataformas de aprendizaje adaptativo. Las guías se apoyan en modelos y mediante la definición de objetivos de aprendizaje. Estos sistemas deben estar orientados a recomendar las siguientes acciones formativas que el estudiante realizará en base a sus preferencias y contexto para alcanzar los objetivos de aprendizaje. La propuesta de Santos y Boticario (2015) está basada en tres metodologías listadas a continuación:

- Diseño centrado en el usuario para interacción y actividades formativas.
- Fases del ciclo de vida de un proyecto de e-Learning en sistemas de aprendizaje personalizados.
- Evaluación sistemática de características de adaptabilidad.

En relación con la tercera fase propuesta por Seale (2007) que busca fomentar la creación de programas institucionales para crear conciencia y abordar los problemas de accesibilidad a todo nivel, McAndrew y otros (2012) presentan el caso de éxito en la institución Open University en el Reino Unido. Esta experiencia destaca la necesidad de tomar en cuenta la accesibilidad en todas las fases del proceso educativo. Resalta la necesidad de formación para las diferentes personas involucradas en el proceso educativo, iniciando por las autoridades directivas de la institución. Slater y otros (2015) describen los cambios institucionales que han ocurrido en su institución, particularmente mencionan la incorporación de la figura de un especialista en accesibilidad para apoyar las diferentes acciones inclusivas de la institución.

El aseguramiento de la calidad es uno de los aspectos fundamentales de los modelos de procesos en el ciclo de vida de programas virtuales accesibles. Burgstahler (2006) propuso un conjunto de diez indicadores para la medición de la accesibilidad en programas de educación a distancia. Estos indicadores propuestos por Burgstahler (2006) se basan en cuatro roles de participantes: (1) los estudiantes actuales y estudiantes potenciales; (2) diseñadores de aprendizaje; (3) instructores; (4) evaluadores. Cooper y otros (2012), también han propuesto métricas de accesibilidad web basadas en el estándar británico BS 8878:2010 (BS, 2010), que presenta un código de práctica para la accesibilidad web compuesto de 16 pasos y centrado en un enfoque de experiencia del estudiante.

Elaboración de metodología propuesta

La revisión de literatura sobre las metodologías existentes para la definición de procesos de cursos virtuales y la identificación de los diferentes aspectos a tomar en cuenta para ofrecer una formación virtual accesible e inclusiva han permitido identificar la carencia de una metodología en accesibilidad con un enfoque holístico y adaptable a cualquier contexto, especialmente al iberoamericano. Es por ello que en el marco de una acción de cooperación entre instituciones de educación superior de Europa y Latinoamérica se ha propuesto una metodología integral para la creación de cursos virtuales accesibles. La revisión de literatura ha permitido definir cuatro fundamentos a tomar en cuenta para realizar la propuesta de metodología:

- Fundamento 1: Debido a la diversidad de procesos existentes para la creación de cursos virtuales, la elección del marco de referencia propuesto por la norma ISO/IEC 19796 (ISO, 2005) permite trabajar sobre una base replicable que sea fácilmente adaptable por otras instituciones educativas.
- Fundamento 2: Las tres acciones para desarrollar prácticas de aprendizaje accesible propuestas por Seale (2007), basadas en desarrollo de contenidos, acciones formativas y creación de conciencia institucional en accesibilidad, deben ser incorporadas en los diferentes componentes de un proyecto virtual accesible.
- Fundamento 3: Es importante contemplar la formación del personal involucrado en los diferentes procesos de un proyecto educativo virtual. La formación debe estar fundamentada en la base de generación de conciencia entre los participantes sobre la importancia de crear contenidos y actividades accesibles, en especial para los estudiantes con discapacidad.
- Fundamento 4: Es indispensable incorporar métricas basadas en indicadores de accesibilidad que permitan utilizar la metodología propuesta como una referencia para comparación con modelos de calidad. Esto permitirá realizar auditorías sobre accesibilidad y generar modelos de madurez.

Tomando como acción de partida el fundamento 1, la norma ISO/IEC 19796 ha sido seleccionada como base para la propuesta inicial. A partir de un trabajo consensuado se han definido siete componentes interrelacionados hacia una metodología para crear cursos virtuales accesibles. Los componentes definidos son: procesos, actividades, tareas, productos, técnicas, métricas y participantes. A continuación se detallan cada uno de los componentes, así como la relación existente entre ellos.

Procesos

Los procesos representan las etapas principales en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. La secuencia de los procesos e interacción entre los mismos puede variar según el proyecto educativo, algunos ejemplos de secuencias son: ciclo de vida iterativo por ediciones, ciclo de vida iterativo con análisis y diseño compartido, ciclo de vida con evaluación y optimización por proceso. Con el objetivo de generar una propuesta de accesibilidad integral, se han tomado en cuenta todos los procesos posibles

ya que algunas de las metodologías identificadas están centradas en aspectos particulares como la producción de contenidos accesibles o acciones de docencia inclusiva. Los procesos definidos para la metodología propuesta coinciden con los siete procesos propuestos en la norma ISO/IEC 19796 y se describen a continuación.

- **Análisis de Necesidades:** El objetivo del proceso es identificar y describir los requisitos, demandas y restricciones de un proyecto educativo virtual accesible. En este proceso se involucran directamente los directores de un programa o curso en particular.
- **Análisis del Marco:** En el proceso se identifica el marco y el contexto de un proyecto educativo virtual accesible. Las actividades en este proceso requieren tomar en cuenta la legislación así como los diferentes factores individuales, locales, políticos y culturales relacionados con la accesibilidad.
- **Concepción y Diseño:** En este proceso se definen, planifican y diseñan los elementos didácticos de un proyecto educativo virtual accesible. En el proceso participan activamente los docentes expertos y diseñadores instruccionales. En este proceso es muy importante tomar en cuenta los aspectos del diseño universal para el aprendizaje.
- **Desarrollo y Producción:** En el proceso se producen los elementos didácticos de un proyecto educativo virtual accesible de acuerdo al diseño realizado en las etapas anteriores. En el proceso se requiere la participación de personal técnico con conocimientos de accesibilidad en recursos, contenidos y tecnologías para la educación.
- **Implementación:** En el proceso se instalan, configuran y activan los recursos educativos en una plataforma de formación virtual accesible.
- **Aprendizaje:** Es el principal proceso iterativo de la metodología. Este proceso se realiza luego que los cursos virtuales accesibles han sido diseñados e instalados en las plataformas educativas. En este proceso se lleva a cabo las acciones de enseñanza y tutoría. En el proceso participan activamente los docentes y tutores con un contacto directo con los estudiantes.

- **Evaluación y Optimización:** Es considerado como un proceso transversal, en el que se incluyen todas las actividades necesarias para realizar la evaluación y el control de calidad de cada uno de diferentes componentes implicados en un proyecto educativo virtual accesible.

Actividades

Los procesos han sido divididos en subprocesos o actividades. Para la metodología propuesta se han definido 29 actividades, con un número de entre tres y seis actividades por cada proceso.

Tareas

Las actividades definidas para realizar cada proceso se han descompuesto en tareas. Un total de 79 tareas con enfoque en la accesibilidad se han propuesto para las actividades de la metodología para crear cursos virtuales accesibles. Las tareas se describen principalmente por los productos o resultados que se obtienen. Adicionalmente han sido identificados los perfiles y competencias requeridas por los actores que participan en las tareas.

Productos

En términos generales, los productos o resultados representan la salida principal de la acción de realizar un proceso. En el caso de la metodología propuesta, las tareas son consideradas subprocesos y los productos en el contexto de los cursos virtuales accesibles representan los diferentes componentes involucrados en la acción formativa. Por tanto, en el caso de los procesos principales, los resultados que se obtendrán como consecuencia de la realización de los mismos será la suma de los resultados obtenidos en cada una de las actividades y tareas en las que se descompone cada proceso.

Un total de 98 productos han sido definidos. Como ejemplos de estos productos se pueden mencionar tres: un párrafo dentro de una plantilla (un objetivo de aprendizaje), documento descriptivo (política de accesibilidad corporativa o un catálogo de actividades didácticas), recurso de aprendizaje (empaquetado de contenidos de unidad formativa accesible).

Técnicas

Las descripciones de los productos que se generan en cada una de las tareas del proyecto virtual accesible han sido acompañadas por técnicas o métodos. Estas técnicas han sido identificadas como sugerencias y apoyo para obtener los diferentes productos o resultados previstos. Existen muchas técnicas para obtener un resultado; sin embargo, para la metodología propuesta, un total de 101 técnicas han sido seleccionadas como referencia. Complementariamente, en la metodología propuesta han sido definidas plantillas de apoyo para que los involucrados en el proceso tengan una referencia al construir los diferentes resultados como lo pueden ser una guía docente o unidad didáctica accesible entre otros.

Métricas

Las métricas se han seleccionado para evaluar la calidad de los productos o resultados que se obtienen en cada tarea. Para la metodología propuesta un total de 102 métricas han sido identificadas para control de calidad de los diferentes productos del proyecto educativo. Las métricas cuentan con las siguientes características mínimas: el producto objeto de la evaluación, un atributo o característica que se mide sobre dicho producto y reglas definidas claras para considerar si el producto cumple o no con la calidad requerida. La importancia de la definición correcta de métricas para los diferentes productos radica en que el proyecto educativo virtual accesible se puede evaluar, comparar, auditar y optimizar.

Participantes

Los actores principales involucrados en un proyecto educativo virtual accesible pueden catalogarse en al menos siete categorías: autoridad académica, director de carrera, docente experto, diseñador instruccional, tutor, auditor de calidad y estudiante. Sin embargo, para la metodología propuesta se han identificado al menos 51 perfiles de competencias que los actores en los diferentes procesos del proyecto virtual accesible deberían tener. En el momento de implementación, una persona puede tener más de uno de los perfiles identificados. La identificación de las competencias de los perfiles de apoyo en las diferentes tareas de la metodología propuesta puede ser considerada en el plan de formación del personal involucrado en el proyecto educativo.

Los componentes de la metodología propuesta se resumen en la Tabla 1 presentando la cantidad de elementos existentes por categoría. Se presenta también la relación

principal entre los componentes; como ejemplo, el componente “Métrica” se relaciona directamente con el componente “Producto” en el sentido que describe los criterios de calidad y accesibilidad aplicables al mismo.

Tabla 1.

Componentes de metodología para crear cursos virtuales accesibles

Código	Componente	Cantidad	Relación
PC	Proceso	7	-
AC	Actividad	29	PC
TA	Tareas	79	AC
PR	Producto	98	TA
TE	Técnica	101	PR
MT	Métrica	102	PR
PA	Participante	51	TA

Validación de la metodología propuesta

En este trabajo un curso en modalidad semi-presencial ha sido preparado siguiendo la metodología propuesta con el objetivo de validarla y complementarla. El curso ha sido titulado «Taller de formación para la innovación pedagógica en educación virtual accesible de calidad». El curso propuesto ha sido diseñado para una formación virtual con una duración de ocho semanas, incluyendo una semana de formación en modalidad presencial. El curso tiene el objetivo de formar a los participantes en las competencias necesarias para realizar proyectos educativos virtuales accesibles de calidad a través de la metodología propuesta.

Como material complementario para el curso, la metodología propuesta ha sido editada en un libro digital. Adicionalmente, un sitio web que recopila fichas de los diferentes componentes ha sido habilitado como una referencia práctica por los participantes en los cursos de formación.

El proceso de validación y mejora se ha realizado en tres fases: la primera fase contempla la participación de un grupo reducido de docentes expertos que utilizan la metodología propuesta y sugieren acciones de mejora. En la segunda fase se imparte el curso de formación virtual en siete países de América Latina. La segunda fase se realiza bajo una modalidad semipresencial, contando con una sesión presencial de refuerzo y evaluación en cada uno de los países participantes. Finalmente, la tercera fase consolida

el de las primeras dos experiencias, incorporando las sugerencias y mejoras para un curso de formación completamente online con una convocatoria abierta a docentes en toda América Latina.

Resultados de primera fase de validación de la metodología

La primera fase de validación contempla la invitación a 33 docentes de diferentes instituciones educativas para validar la metodología propuesta y tomar el curso de formación preparado. Se ha realizado un proceso de formación de ocho semanas en las que los docentes expertos han evaluado los contenidos elaborados para cada uno de los siete procesos del ciclo de vida de producción de cursos virtuales accesibles. Para la experiencia con los docentes expertos, se ha realizado una evaluación detallada por proceso, generando diferentes actividades para consensuar opiniones por medio de los foros de discusión. Al finalizar la revisión de cada uno de los procesos, se ha pedido a los docentes completar un instrumento de evaluación cualitativa sobre diferentes aspectos relacionados con los componentes de cada proceso. La Tabla 2 presenta los principales aspectos evaluados. Finalmente, un total de 14 docentes completaron todas las fases de la acción formativa, realizando valiosos aportes y sugerencias.

Tabla 2.

Instrumento de evaluación cualitativa para formación en los procesos propuestos

No. de pregunta	Categoría	Descripción
1	Contenido	Califique el grado de relación entre el temario de unidad y el contenido propuesto para el proceso
2	Contenido	Califique el grado de relación entre las competencias a desarrollar y los objetivos por unidad formativa
3	Actividades	Valore la efectividad de las actividades formativas para afianzar el aprendizaje de contenidos por unidad
4	Actividades	Valore la relación de las actividades propuestas para alcanzar los objetivos y competencias a desarrollar en la unidad formativa
5	Evaluación	Valore la efectividad de las actividades de evaluación para reforzar los conceptos relevantes de la unidad formativa
6	Contenido	Valore el grado de efectividad en que el contenido permite analizar la inclusión de personas con discapacidad en un curso virtual
7	Productos	Valore la identificación de los productos o resultados esperados para el proceso analizado
8	Técnicas	Valore las técnicas propuestas para alcanzar los resultados propuestos por el proceso analizado
9	Métricas	Identifique la efectividad de las métricas propuestas para evaluar la calidad de los productos o resultados para el proceso

Resultados de segunda fase de validación de la metodología

Los resultados de la evaluación realizada por los docentes expertos en la primera fase fueron analizados y adaptados tanto en la metodología como en el curso de formación. El curso de formación virtual fue impartido en siete instituciones de educación superior en América Latina. Para esta fase, los docentes expertos que finalizaron la primera fase fueron invitados a participar como tutores virtuales de las siete ediciones del curso preparado. Para el proceso de convocatoria, las siete instituciones participantes definieron su cronograma de actividades y realizaron una invitación abierta a docentes en su país. Un total de 401 docentes se inscribieron en los cursos de la segunda fase de validación. La Tabla 3 presenta el detalle de participantes inscritos en las siete ediciones.

Tabla 3

Resultados de participación en las siete ediciones semi-presenciales impartidas

Edición	Participantes Inscritos	Participantes Aprobados
Colombia	56	12
El Salvador	49	10
Guatemala	100	32
Uruguay	18	5
Ecuador	50	8
Paraguay	45	10
Perú	83	7

Para esta fase se ha invitado a los docentes participantes a identificar un curso virtual desarrollado en su institución o bien proponer un curso que deseen adaptar a modalidad virtual. La experiencia ha permitido contar con más de 300 propuestas de cursos diferentes en temáticas variadas en las que los docentes participantes han puesto en práctica los procesos propuestos apoyados por las plantillas proporcionadas para las actividades de aprendizaje. La experiencia ha permitido contar con valiosos comentarios para mejorar las definiciones de los distintos componentes de la metodología propuesta, así como la identificación de nuevas técnicas y métodos para la obtención de mejores productos. Los docentes participantes fueron invitados a completar para cada uno de los procesos el instrumento de evaluación presentado en la Tabla 2, aportando valiosos comentarios. Al finalizar la experiencia, un total de 84 docentes completaron exitosamente la acción formativa, representando un 20% del total de docentes inscritos.

Resultados de tercera fase de validación de la metodología

La tercera fase de validación de la metodología contempla la aplicación del aprendizaje de las primeras dos experiencias tomando en cuenta los comentarios de los docentes participantes. Para la tercera fase, se ha tomado la decisión de disminuir la duración del curso de ocho semanas a cinco semanas. La versión reducida ha recibido el título: “Diseño Instruccional para la Elaboración de Cursos Virtuales Accesibles”. El curso toma en cuenta los siete procesos de la metodología pero se ha enfocado especialmente en tres procesos: (1) Concepción y Diseño; (2) Aprendizaje; (3) Evaluación y Optimización. Estos tres procesos han sido identificados como prioritarios por los docentes participantes en las primeras fases de la validación. Este curso reducido ha sido diseñado para ser impartido en modalidad completamente virtual, eliminando la sesión presencial. La adaptación del curso en esta nueva fase ha permitido realizar una

convocatoria abierta masiva a docentes en toda América Latina. Para la tercera fase de validación cuatro ediciones han sido preparadas y han contado con 748 docentes inscritos. La Tabla 4 presenta el detalle de participantes por edición, destacando que han finalizado con éxito 336 docentes, representando un 45% del total de inscritos.

Tabla 4.

Resultados de participación en las cuatro ediciones en línea

Edición	Participantes Inscritos	Participantes Aprobados
Primera Online	231	122
Segunda Online	225	103
Tercera Online	131	54
Cuarta Online	161	57

Conclusiones principales del proceso de validación de la metodología

Como parte de la evaluación de las diferentes acciones formativas, el instrumento de evaluación cualitativa, presentado en la Tabla 2, ha sido distribuido a los docentes participantes. La pregunta 10 del instrumento de evaluación es una pregunta abierta que pide a los participantes emitir un comentario sobre la experiencia de aprendizaje. Se destacan los siguientes enunciados por parte de dos de los docentes participantes:

- “El tema del curso y la metodología es una necesidad; mientras más conozcamos, internalicemos, difundamos y apliquemos las competencias adquiridas, podremos avanzar más rápidamente y hacer que otros se unan para conseguir la inclusión en todos los ambientes de educación”
- “El curso me ayudó a comprender mejor un problema que surge a raíz de la necesidad de calificar objetivamente el mejoramiento de una estudiante no vidente que se niega a aprender a escribir en sistema braille. Gracias a este problema, pude descubrir nuevas formas para ayudar a los futuros estudiantes con discapacidad visual”

En general, la experiencia ha sido evaluada positivamente por parte de los docentes participantes. La realimentación generada por las tres fases de validación implementando la metodología propuesta ha permitido reformular los componentes para ofrecer una solución robusta e integral.

Es importante destacar en las tres fases de validación de la metodología propuesta la activa participación de 1182 docentes que representan a 150 diferentes instituciones

de educación superior en América Latina. Las instituciones tienen origen en un total de 18 países en América Latina que han utilizado la metodología y han participado en alguna edición de los cursos de formación. Entre los países con más instituciones participantes se pueden destacar: Colombia (23), México (18), Argentina (15), Venezuela (15) y Perú (14). La diversa participación de instituciones en América Latina ha permitido validar la metodología en diferentes contextos educativos hacia una propuesta integral.

Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo pretende realizar un aporte a la necesidad identificada de una metodología en accesibilidad con un enfoque holístico y adaptable a cualquier contexto, especialmente al iberoamericano. La propuesta realizada se basa en cuatro fundamentos relacionados con la accesibilidad en la educación virtual. Los fundamentos y su implementación se detallan a continuación.

El primer fundamento ha sido tomar como base un marco de referencia basado en una norma internacional; para este caso, la selección ha sido la norma ISO/IEC 19796 en busca de generar una metodología replicable y adaptable. Esto permitirá que cualquier institución pueda tomar como referencia esta metodología y realizar las adaptaciones necesarias para incorporar la accesibilidad en sus propios procesos de producción de cursos virtuales.

El segundo fundamento contempla realizar una propuesta integral tomando en cuenta la incidencia a todo nivel, desde la formación docente hasta el compromiso institucional. Los procesos de análisis de necesidades y análisis del marco, parte de la metodología propuesta, toman en cuenta estos factores buscando crear conciencia en todos los involucrados en el proceso formativo.

El tercer fundamento identifica la necesidad de formación del personal involucrado en los diferentes procesos de un proyecto educativo virtual accesible. Destaca la importancia de la formación de los docentes; es por esta razón que, como parte de esta propuesta, se ha desarrollado un curso para docentes que ha contado con una importante participación de 1182 docentes. Para la implementación del curso de formación, se han seguido los procesos definidos en la metodología propuesta.

Finalmente, el cuarto fundamento establece la necesidad de incorporar métricas basadas en indicadores de accesibilidad que faciliten la evaluación de los resultados obtenidos en las diferentes fases del proyecto educativo virtual accesible. El hecho de proponer un marco de referencia basado en una norma internacional permite que las nuevas propuestas de procesos realizadas por otras instituciones, tomando como referencia la metodología desarrollada, puedan ser comparadas con modelos de calidad para futuras auditorías, así como la generación de certificaciones de accesibilidad y calidad.

Al respecto del cuarto fundamento, como trabajo futuro existe la posibilidad de proponer un modelo de calidad basado en las métricas definidas por la metodología. De esta forma, una entidad acreditadora puede realizar auditorías y generar certificaciones sobre la calidad y principalmente la accesibilidad de la formación virtual desarrollada por una institución educativa.

El aprendizaje obtenido en las tres fases de validación de la metodología ha permitido obtener como un aporte complementario la elaboración de plantillas de apoyo por proceso para los involucrados en el ciclo de vida de creación de cursos virtuales accesibles. Las plantillas propuestas pretenden apoyar a la persona que implementa alguno o todos los procesos para que pueda identificar los diferentes productos indispensables para proveer una formación virtual accesible de calidad. Las plantillas de apoyo propuestas han sido usadas como guías para los docentes que buscan incorporar la accesibilidad en la formación virtual o bien como listas de chequeo para tomar en cuenta todos los factores posibles que contribuyen a una educación virtual inclusiva de calidad.

Con el objetivo de buscar una mayor visibilidad para la metodología, la propuesta ha sido editada en un libro digital en el marco de las iniciativas ESVI-AL, Educación Superior Virtual Inclusiva – América Latina y ACAI-LA Adopción de Enfoques de Calidad, Accesibilidad e Innovación en la educación superior para América Latina. Adicionalmente, se ha preparado un sitio web en www.esvial.org, que recopila fichas de información de los diferentes componentes para una referencia práctica para los involucrados en el proceso formativo virtual accesible. Como acciones futuras, se contempla digitalizar las plantillas propuestas, enlazando sus diferentes elementos a las referencias de componentes disponibles en el sistema web de replicación de la

metodología. También se contempla definir la metodología como una definición semántica formal a través de una ontología que permita elaborar un buscador semántico avanzado como apoyo a los participantes en los cursos de formación.

EN PRENSA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR (2010). *UNE-EN ISO/IEC 19796-1:2010 Tecnología de la información. Enseñanza, educación y formación. Gestión, aseguramiento y métricas de la calidad. Parte 1: Aproximación general*. Asociación Española de Normalización y Certificación. York: Information Age Publishing Inc.
- AFNOR (2004). *AFNOR Z 76-001 French Code of Practice in e-Learning*. Asociación Francesa para la Normalización. CAST (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Center for Applied Special Technology (CAST). Wakefield, MA. Recuperado de: <http://bit.ly/1kOa73K>
- BS (2010) *BS 8878:2010, Web accessibility, code of practice*. British Standard. CEN (2011). *CWA 16266: Curriculum for training ICT Professionals in Universal Design*. Comité Europeo de Normalización.
- Burgstahler, S. (2006). The development of accessibility indicators for distance learning programs. *Research in Learning Technology*, 14(1), 79-102. Conole, G., Dyke, M., Oliver, M., y Seale, J. (2004). Mapping pedagogy and tools for effective learning design. *Computers & Education*, 43(1), 17-33.
- Burgstahler, S., Anderson, A. y Litzkow, M. (2011). Accessible Technology for Online and Face-to-Face Teaching and Learning. En K. King y T. Cox (Eds.), *The professor's guide to taming technology: leveraging digital media, Web 2.0, and more for learning* (pp. 201-218). Nueva York: Information Age Publishing Inc. Cooper, M. (2007). Making online learning accessible to disabled students: an institutional case study. En J. Seale (Ed.), *Approaches to Developing Accessible Learning Practices. Conceptualising Best Practice* (pp. 103-115). Nueva York: Routledge.
- DIN (2004). *DIN PAS 1032-1 Learning, Education and Training focussing on e-Learning. Part 1: Reference*

- Model for Quality Management and Quality Assurance. Planning, Development, Realisation and Evaluation of Processes and Offers in Learning, Education and Training.* Instituto Alemán de Normalización.
- Guglielman, E. (2013). Rethinking e-learning accessibility: Toward didactic guidelines to design inclusive activities. En D. Parmigiani, V. Pennazio y A. Traverso (Eds.), *Learning & Teaching with Media & Technology* (pp. 80-89). Brussels: ATEE.
- Hersh, M. (2014). Evaluation framework for ICT-based learning technologies for disabled people. *Computers & Education*, 78(1), 30-47.
- ISO (2005). *ISO/IEC 19796-1:2005, ITLET Quality management, assurance and metrics, Part 1: General approach.* International Organization for Standardization.
- ISO (2009). *ISO/IEC 19796-3:2009, ITLET Quality management, assurance and metrics, Part 3: Reference methods and metrics.* International Organization for Standardization.
- ISO (2015) *ISO/IEC 36000:2015, ITLET (Information Technology - Learning, Education, and Training - Quality for Learning, Education and Training - Fundamentals and Vocabulary.* International Organization for Standardization.
- Kelly, B., Sloan, D., Brown, S., Seale, J., Petrie, H., Lauke, P., y Ball, S. (2007). Accessibility 2.0: people, policies and processes. En S. Harper y Y. Yesilada (Coords.), *Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A)* (pp. 138-147). Nueva York: ACM.
- Kelly, B., Lewthwaite, S., y Sloan, D. (2010). Developing countries; developing experiences: approaches to accessibility for the real world. En C. Asakawa, H. Takagi, L. Ferres y C. Shelly (Coords.), *Proceedings of the 2010 international cross disciplinary conference on web accessibility (W4A)* (art. 3). Nueva York: ACM.
- McAndrew, P., Farrow, R., y Cooper, M. (2012). Adapting online learning resources for all: planning for professionalism in

- accessibility. *Research in Learning Technology*, 20(4).
- Santos, O. C., y Boticario, J. G. (2015). Practical guidelines for designing and evaluating educationally oriented recommendations. *Computers & Education*, 81(1), 354-374.
- Seale, J. (2007). Disability, technology and e-learning: challenging conceptions. En J. Seale (Ed.), *Approaches to Developing Accessible Learning Practices. Conceptualising Best Practice* (pp. 1-9). Nueva York: Routledge.
- Seale, J. (2006). *E-learning and disability in higher education: accessibility research and practice*. Nueva York. Routledge.
- Slater, R., Pearson, V., Warren, J., y Forbes, T. (2015). Institutional change for improving accessibility in the design and delivery of distance learning—the role of faculty accessibility specialists at The Open University. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 30(1), 6-20.
- Smith, C., Spiegel, H., y Cox, B. (2010). The Missing Piece: The Need for Training Online Faculty to Design Accessible Online Courses. *National Social Science Technology Journal*, 4(1), 4.
- Phipps, L., y Kelly, B. (2006). Holistic approaches to e-learning accessibility. *ALT-J: Research In Learning Technology*, 14(1), 69-78.
- W3C (2012). WAI: Strategies, guidelines, resources to make the Web accessible to people with disabilities. Web Accessibility Initiative. World Wide Web Consortium (W3C). Recuperado de <http://bit.ly/1Egf1Q7>
- Yi, Z., Zhiting, Z., Xiaoyong, H., y Qing, L. (2004). Specification for service quality management system of e-learning. En W. Liu, Y. Shi y Q. Li (Eds.), *Advances in Web-Based Learning—ICWL 2004* (pp. 400-406). Berlin: Springer.

PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

Héctor Roderico Amado Salvatierra. Ingeniero en Sistemas por la Universidad Galileo, Guatemala. Es el coordinador del área de investigación del departamento GES en Universidad Galileo. Cuenta con experiencia en proyectos de cooperación internacional entre la Unión Europea y Latinoamérica, entre los que destacan: ESVI-AL, ACAI-LA, MOOC-Maker e IDEAL-IST. Es candidato a doctor por la Universidad de Alcalá con la investigación: "Aportes metodológicos para la mejora de la accesibilidad en la enseñanza basada en e-learning".

José Ramón Hilera González. Es profesor en la Universidad de Alcalá. Colabora con entidades relacionadas con la mejora de la calidad de la educación, como la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) y la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Ha participado en la elaboración de la norma española "UNE 66181 Calidad de la Formación Virtual". Coordina la Red Internacional ESVI-AL de Cooperación sobre Accesibilidad en la Educación y Sociedad Virtual.

Salvador Otón Tortosa. Ingeniero en Informática por Universidad de Murcia y Doctor por Universidad de Alcalá. Actualmente es profesor titular en la Universidad de Alcalá. Su experiencia investigadora se centra principalmente en e-learning, accesibilidad, interoperabilidad y arquitecturas software. En todas estas áreas de investigación tiene publicados diferentes artículos en revistas de alto impacto y actas de congresos. También ha dirigido y participado en diversos proyectos de I+D, actualmente es director de Cátedra de Ciberseguridad Prosegur.

Dirección Postal: Héctor Roderico Amado Salvatierra
Departamento GES
Oficina 413, Torre I
Universidad Galileo
7av. Calle Dr. Eduardo Suger, Zona 10
Guatemala, Guatemala
01010
E-mail: hr_amado@galileo.edu

José Ramón Hilera González
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior
Campus Universitario
E-28871 Alcalá de Henares (España)
E-mail: jose.hilera@uah.es

Salvador Otón Tortosa
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior
Campus Universitario
E-28871 Alcalá de Henares (Madrid)
E-mail: salvador.oton@uah.es

Fecha Recepción del Artículo: 11. Noviembre. 2015
Fecha modificación Artículo: 06. Diciembre. 2016
Fecha Aceptación del Artículo: 07. Diciembre. 2016

Sección III: Otras publicaciones con índice de impacto

A pesar de que para la presentación de este trabajo se ha hecho una selección de las publicaciones más relevantes que conforman el cuerpo de la tesis, el trabajo de investigación realizado para la elaboración de esta tesis doctoral ha producido otras publicaciones relacionadas. A lo largo de este capítulo se presentan dichas publicaciones.

Con estas publicaciones queda patente la exposición de las propuestas de esta tesis doctoral en diferentes foros internacionales, exponiendo las ideas a diversos comités editoriales y de programa por medio de la evaluación por pares. Complementariamente han permitido presentar los trabajos en conferencias con índice de impacto CORE para obtener una retroalimentación útil.

A continuación se presentan las publicaciones aceptadas en revistas, congresos, apartados de libros y libros editados.

5. Publicaciones en revistas en el índice SJR

5.1 Publicación IV (Artículo SJR): Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments.

5.1.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H. R., Hernández, R., Hilera, J. R. (2012). *Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments*. Procedia Computer Science, 14, 363-370.

5.1.2 Breve resumen

El artículo presenta el caso de estudio realizado en el proyecto competitivo financiado por la Comunidad de Madrid: “E-Inclusión para personas con discapacidad: Implementación de estándares de accesibilidad en el proceso de diseño de cursos en ambientes virtuales de aprendizaje”. El artículo presenta una revisión del estado del arte y proyectos relacionados con el e-learning accesible. El artículo era un trabajo en progreso y presentaba la posible incorporación de los resultados del proyecto E-

Inclusión en las actividades del proyecto ESVI-AL “Educación Superior Virtual Accesible – América Latina” financiado por la Unión Europea.

5.1.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la cuarta edición de la Conferencia Internacional: “Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion”, del 19 al 22 de Julio, 2012. Un congreso organizado por UTAD (Universidade de Tras-os-montes e Alto Douro) con una importante participación de investigadores en el área de accesibilidad. El libro de actas fue publicado en la revista: *Procedia-Computer Science Journal* (ISSN: 1877-0509) de la editorial Elsevier. La revista está registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.314 (2015).

5.1.4 Relación con la tesis

La publicación realiza un aporte al Objetivo 1 (Apartado 1.3), presentando un análisis de los estándares de accesibilidad web relacionada con formación en modalidad e-learning así como proyectos relacionados. La publicación está relacionada con la pregunta de investigación P11, identificando que es posible mejorar con aspectos de accesibilidad el proceso de diseño de cursos virtuales, siendo el proceso de diseño una de las fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual.

5.2 Publicación V (Artículo SJR): Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results.

5.2.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J. R. (2015). *Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results*. *Interactive Technology and Smart Education*, 12(3), 158-168.

5.2.2 Breve resumen

El artículo presenta los resultados principales del proyecto ESVI-AL. En el mismo identifica cuatro grupos de actores en un proyecto educativo virtual accesible: Docentes, Personal Técnico, Auditores de Calidad y Estudiantes. Para cada uno de los actores define una serie de recomendaciones de los pasos que deben seguir para utilizar los resultados de la iniciativa ESVI-AL para diseñar o participar en sus proyectos educativos virtuales accesibles. Se destaca la descripción de la metodología propuesta en esta tesis doctoral.

5.2.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la edición no. 13 de la Conferencia Internacional e-Society 2015, del 14 al 16 de Marzo, 2015. Debido al interés generado, la ponencia fue invitada a enviarse como versión extendida en la revista: *Interactive Technology and Smart Education*, editada por Emerald Group Publishing, proporcionando una importante audiencia en temas de educación. Se encuentra indexada en: Thomson Reuters Emerging Sources Citation Index, Scopus, Excellence in Research for Australia y Education Research Complete/Education Source (EBSCO). La revista está registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.110 (2015).

5.2.4 Relación con la tesis

La publicación realiza un aporte al Objetivo 3 (Sección 3), que propone una solución metodológica concreta que incorpora los aspectos de accesibilidad en un proyecto educativo virtual accesible. Permite aportar fundamentos para confirmar las preguntas de investigación PI3 y PI4 relacionadas con el diseño de cursos virtuales accesibles orientados a los actores de un proyecto virtual accesible, utilizando la metodología propuesta. Finalmente, contribuye a la pregunta de investigación PI8 sugiriendo cuatro grupos de actores que necesitan ser formados: Docentes, Personal Técnico, Auditores de Calidad y Estudiantes.

6. Publicaciones en congresos en el índice CORE

6.1 Publicación VI (Congreso CORE): An open online course with accessibility features.

6.1.1 Datos de la publicación

Hernández R., Chang, V., Gütl, C., Amado-Salvatierra, H. (2013). *An open online course with accessibility features*. Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, 635-643.

6.1.2 Breve resumen

La publicación presenta el análisis de accesibilidad e incorporación de mejoras realizadas a la plataforma de e-learning dotLRN. Dicha plataforma, utilizada en la Universidad Galileo (Guatemala), fue configurada en el marco del proyecto “E-Inclusión” para impartir un curso en modalidad MOOC titulado “G-Net” con el objetivo de enseñar a jóvenes las competencias básicas para crear una página web. El artículo narra la

experiencia de impartición de dos ediciones del curso con un total de 1081 participantes, incluyendo a 44 estudiantes con discapacidad.

6.1.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la edición no. 16 de la Conferencia Internacional: “EdMedia 2013 - World Conference on Educational Media, Hypermedia and Telecommunications”, del 24 al 28 de Junio, 2013. Es una conferencia organizada por AACE – “Association for the Advancement of Computing in Education”. Representa un importante foro de investigadores en el uso de la tecnología en la educación. La conferencia se encuentra indexada en el Ranking CORE (2017) en el nivel B.

6.1.4 Relación con la tesis

La publicación contribuye al Objetivo 2 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis. Realiza una primera aproximación al análisis de accesibilidad en plataformas para cursos masivos abiertos en línea (MOOCs). A la vez presenta una primera experiencia de implementación de un curso incluyendo estudiantes con discapacidad, contribuyendo a la pregunta de investigación PI5 y a nivel general el Objetivo 4 de esta tesis.

6.2 Publicación VII (Congreso CORE): Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America.

6.2.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Hilera, J.R. (2014). *Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America*. Frontiers in Education Conference (FIE), 2440-2443. IEEE Press.

6.2.2 Breve resumen

La publicación detalla la experiencia de formación sobre accesibilidad web orientada a los administradores de campus virtuales en Instituciones de Educación Superior. Se describe el trabajo realizado en el marco del proyecto ESVI-AL que impartió un total de siete ediciones de cursos semi-presenciales en siete países distintos en América Latina. En el curso participaron 182 técnicos representando a 52 instituciones diferentes.

6.2.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la edición no. 44 de la Conferencia Internacional: “Frontiers in Education”, del 22 al 25 de Octubre, 2014. Es una conferencia organizada por IEEE – “Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos”. Representa un importante foro de investigadores en el uso de la tecnología en la educación. La conferencia se encuentra

indexada en el Ranking CORE (2017) en el nivel B. Las actas de la conferencia están registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.167 (2015).

6.2.4 Relación con la tesis

La publicación realiza un aporte al Objetivo 4 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis. Utilizando la metodología propuesta se ha realizado un curso de formación para el personal técnico participante en un proyecto educativo virtual accesible. Este trabajo aporta solución a las preguntas de investigación siguientes: PI3, afirma que es posible diseñar un curso virtual accesible utilizando la metodología propuesta, en este caso se menciona la versión en línea del taller de formación en accesibilidad para el personal técnico. Permite a la vez validar el procedimiento sistemático para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales, PI7. Finalmente, en relación a PI8, es posible definir una nueva modalidad de taller para formación y sensibilización a los actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible, puntualmente el grupo de personal técnico que administra un campus virtual.

6.3 Publicación VIII (Congreso CORE): Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment.

6.3.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R. (2014). *Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment*. Frontiers in Education Conference (FIE), 2901-2907. IEEE.

6.3.2 Breve resumen

El trabajo presenta una descripción de la metodología propuesta en el marco del proyecto ESVI-AL. En el mismo se detallan los siete procesos propuestos que componen el ciclo de vida de un proyecto educativo accesible y se narra el procedimiento utilizado para incorporar los aspectos de accesibilidad en los distintos componentes. El trabajo narra la experiencia de formación, concretamente la definición de los siguientes cursos: Creación de documentos educativos digitales accesibles; Innovación pedagógica para un e-Learning accesible y finalmente, Como diseñar, instalar y mantener un campus virtual accesible. Formación orientada a tres diferentes actores: Docentes, Coordinadores de carrera y Personal técnico administrador de campus virtual.

6.3.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la edición no. 44 de la Conferencia Internacional: "Frontiers in Education", del 22 al 25 de Octubre, 2014. Es una conferencia organizada por IEEE. Representa un importante foro de investigadores en el uso de la tecnología en la educación. La conferencia se encuentra indexada en el Ranking CORE (2017) en el nivel B. Las actas de la conferencia están registrada en la base de datos Scopus y se encuentra indexada también en el Scimago Journal & Country Rank (SJR), con un factor de impacto de 0.167 (2015).

6.3.4 Relación con la tesis

En el caso particular de este trabajo se detallan cada uno de los componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual, compuesto por siete procesos: Análisis de necesidades, Análisis del marco, Concepción y diseño, Desarrollo y producción, Implementación, Aprendizaje y finalmente Evaluación y Optimización. Se presenta la metodología basada en la norma ISO 19796. De esta forma se responde a las preguntas de investigación PI1 y PI2, demostrando que es posible complementar con aspectos de accesibilidad los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente, en este caso la norma ISO 19796. A su vez, el trabajo contribuye al Objetivo 3 planteado en la Apartado 1.3.

Posteriormente, la publicación presenta el proceso de validación de la propuesta creada por medio de la creación de cursos virtuales haciendo uso de la metodología diseñada, cumpliendo de esta forma el Objetivo 4 de este trabajo de tesis. Se responde a la pregunta de investigación PI3, que cuestiona sobre la posibilidad de diseñar un curso virtual accesible siguiendo la metodología propuesta. Un total de tres cursos de formación fueron diseñados: "Creación de documentos educativos digitales accesibles"; "Innovación pedagógica para un e-Learning accesible" y, finalmente, "Cómo diseñar, instalar y mantener un campus virtual accesible". La impartición de los cursos realiza un aporte a la pregunta de investigación PI4. En relación a la pregunta de investigación PI8, se identifica la necesidad de formación orientada los siguientes actores: docentes y personal técnico (administrador de campus virtual).

6.4 Publicación IX (Congreso CORE): Towards a Methodology for Curriculum Development within an Accessible Virtual Campus.

6.4.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., García-Cabot, A., García-López, E., Batanero, C., Otón, S. (2014). *Towards a Methodology for Curriculum Development within an*

Accessible Virtual Campus. Conference on Computers Helping People with Special Needs, 338-341. Springer International Publishing.

6.4.2 Breve resumen

La publicación presenta una descripción de la metodología propuesta en el marco del proyecto ESVI-AL. En la misma se detallan los siete procesos propuestos que componen el ciclo de vida de un proyecto educativo accesible y se narra el procedimiento utilizado para incorporar los aspectos de accesibilidad en los distintos componentes. En el momento de publicación, identifica un total de 79 tareas, 168 productos asociados a las tareas, 215 técnicas identificadas, así como 334 métricas para verificación de los productos, totalizando cerca de 800 componentes que mediante el uso fueron optimizados hacia la versión final que cuenta con 467 componentes.

6.4.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en edición no. 14 de la Conferencia Internacional: "ICCHP Computers Helping People with Special Needs", del 9 al 11 de Julio, 2014. Es una conferencia organizada por la Universidad Johannes Kepler (Linz, Austria) y la Sociedad Austriaca de Computación. Representa un importante foro de investigadores en el uso de la tecnología accesible para personas con discapacidad. La conferencia se encuentra indexada en el Ranking CORE (2017) en el nivel C. El trabajo se encuentra publicado en la serie "Lectures Notes in Computer Sciences", en la sección "Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI" de la editorial Springer International Publishing.

6.4.4 Relación con la tesis

El artículo está relacionado con el Objetivo 5 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis. Define la metodología propuesta para crear un proyecto educativo virtual accesible. Realiza un aporte a las preguntas de investigación PI1 y PI2, afirmando que es posible completar con aspectos de accesibilidad los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente, en este caso el propuesto en la norma ISO 19796.

6.5 Publicación X (Congreso CORE): A method to evaluate accessibility in e-learning education systems.

6.5.1 Datos de la publicación

Batanero, C., Karhu, M., Holvikivi, J., Otón, S., Amado-Salvatierra, H. R. (2014). *A method to evaluate accessibility in e-learning education systems*. IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 556-560.

6.5.2 Breve resumen

Este trabajo explora la relación existente entre objetos de aprendizaje accesible y contenido web accesible. Considera los estándares ISO/IEC 24751 e ISO/IEC40500, identificando que requisitos de accesibilidad aplican directamente a objetos de aprendizaje y propone un método para su evaluación.

6.5.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la edición no. 14 de la Conferencia Internacional: "ICALT International Conference on Advanced Learning Technologies", del 7 al 10 de Julio, 2014. Es una conferencia organizada por IEEE. Representa un importante foro de investigadores en el uso de la tecnología en la educación. La conferencia se encuentra indexada en el Ranking CORE (2017) en el nivel B.

6.5.4 Relación con la tesis

La publicación realiza un aporte a la pregunta de investigación P7, que plantea si es posible determinar procedimientos sistemáticos para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC. En su desarrollo realiza aportes a los Objetivos 1 y 2, contribuyendo a la identificación del estado del arte y análisis de los estándares de accesibilidad web relacionados a plataformas de e-learning y objetos de aprendizaje.

6.6 Publicación XI (Congreso CORE): Towards an approach for a massive web accessibility training.

6.6.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Batanero, C., Otón, S. (2014). *Towards an approach for a massive web accessibility training*. 11th International Conference Applied Computing, 230-233.

6.6.2 Breve resumen

La publicación detalla la experiencia de formación sobre accesibilidad web orientada al personal técnico en Instituciones de Educación Superior. Se describe el trabajo realizado en el marco del proyecto ESVI-AL que impartió un total de siete ediciones de cursos semi-presenciales en siete países distintos en América Latina. Concretamente, propone la adaptación del curso semi-presencial a un formato de curso masivo abierto en línea para lograr una mayor difusión.

6.6.3 Indicios de calidad

El trabajo fue presentado en la edición no. 11 de la Conferencia Internacional: “IADIS Applied Computing”, del 25 al 27 de Octubre, 2014. Es una conferencia organizada por IADIS – “International Association for Development of the Information Society”. Representa un importante foro de investigadores en el uso de la tecnología aplicada a diferentes áreas de la sociedad. La conferencia se encuentra indexada en el Ranking CORE (2017) en el nivel C.

6.6.4 Relación con la tesis

La publicación realiza un aporte al Objetivo 4 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis. Utilizando la metodología propuesta se ha realizado un curso de formación para el personal técnico participante en un proyecto educativo virtual accesible y a su vez se propone una edición en formato masivo abierto en línea (MOOC). Este trabajo aporta solución a las preguntas de investigación siguientes: PI3, afirma que es posible diseñar un curso virtual accesible utilizando la metodología propuesta, en este caso se menciona la versión en línea del taller de formación en accesibilidad para el personal técnico. Permite a la vez validar el procedimiento sistemático para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales (PI7). Finalmente, en relación a PI8, es posible respaldar la necesidad de una modalidad de taller para formación y sensibilización a los actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible, como es el grupo de personal técnico que administra un campus virtual.

7. Libros y Capítulos de libros

7.1 Publicación XII (Capítulo de Libro): Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses.

7.1.1 Datos de la publicación

Otón, S., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, J.R., García, E., García, A. (2015). *Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses*. E-learning - Instructional design, organizational strategy and management. 415-438. In Tech.

7.1.2 Breve resumen

Este capítulo de libro realiza una revisión del estado del arte de estándares de accesibilidad relacionados con el e-learning y los objetos de aprendizaje. A continuación identifica las competencias básicas que el personal administrativo de un campus virtual debe conocer para diseñar, instalar y mantener su accesibilidad. Se presenta un

procedimiento sistemático para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales. Finalmente presenta los aspectos de accesibilidad relativos a los objetos de aprendizaje, concretamente presenta la especificación IMS Access for All, versión 3.0.

7.1.3 Indicios de calidad

El capítulo forma parte del libro: E-learning - Instructional design, organizational strategy and management, editado por In Tech Open. Destacar que es una publicación abierta, lo que permite una mayor difusión a la comunidad de docentes y personal administrativo que busca la accesibilidad en sus contenidos y campus virtuales.

7.1.4 Relación con la tesis

El capítulo realiza un aporte al componente tecnológico principal de este trabajo de tesis. En el mismo se presenta una revisión del estado del arte de los estándares de accesibilidad web aplicables a las plataformas educativas virtuales y objetos de aprendizaje.

La publicación está relacionada con el Objetivo 2 (Apartado 1.3), presentando un análisis de los estándares de accesibilidad web relacionados con plataformas de e-learning y objetos de aprendizaje. El trabajo presenta una revisión bibliográfica detallando los requisitos de accesibilidad que deben cumplir las páginas y recursos educativos disponibles en una plataforma de formación.

El desarrollo del capítulo expone un procedimiento que puede ser seguido para evaluar la accesibilidad de una plataforma educativa utilizando herramientas de validación automáticas. En este sentido, el trabajo presentado en este capítulo responde a la pregunta de investigación PI7, afirmando lo siguiente: Es posible determinar un procedimiento sistemático para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y objetos de aprendizaje. Dicho procedimiento sistemático propuesto en este capítulo se sugiere como material a utilizar en la formación de personal técnico (administradores de campus virtuales) (PI8).

7.2 Publicación XIII (Libro): Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles.

7.2.1 Datos de la publicación

Amado-Salvatierra, H.R., Quan, L.R., Hernández, R. (2015). Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles, Segunda edición. Universidad Galileo ISBN: 978-9929-40-658-2.

7.2.2 Breve resumen

El libro “Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles”, editado por el doctorando en su segunda edición, es uno de los productos principales de este trabajo de tesis. El libro presenta la propuesta de los procesos que debería implantarse en una institución de educación superior, pero también en cualquier organización o empresa de formación virtual, que esté comprometida con una educación inclusiva de calidad. En el libro se detallan las actividades y tareas que deberían llevarse a cabo en cada uno de los procesos definidos, así como los productos, técnicas, métodos, criterios de calidad y perfiles de participantes que deben tenerse en cuenta en cada fase de un proyecto educativo virtual que se llevará a cabo en un campus virtual accesible, es decir utilizable y practicables por todas las personas. La segunda edición se ha realizado a partir de la experiencia de impartir e implementar los procesos propuestos en diversos talleres en varios países en América Latina. Esta nueva versión busca orientar al lector en los productos que debe obtener para cada una de las tareas, y relaciona claramente qué técnicas y métodos facilitan su obtención y, muy importante, que métricas permiten verificar su calidad en base a criterios de referencia establecidos.

7.2.3 Indicios de calidad

El libro fue una realidad gracias al proyecto ESVI-AL y tiene su continuidad en la Red y Observatorio de Accesibilidad en la Educación y Sociedad Virtual (www.esvial.org). Al estar publicado en línea, y ser de libre acceso, permite una mayor disseminación a cualquier institución educativa que quiera utilizar el marco de referencia propuesto para adaptar y mejorar sus propios procesos hacia un proyecto educativo virtual accesible.

7.2.4 Relación con la tesis

El libro está relacionado con los Objetivos 3 y 5 (Apartado 1.3) de este trabajo de tesis. En el libro se propone una solución metodológica concreta, incorporando los aspectos de accesibilidad en los procesos y componentes de un marco de referencia. Define la metodología propuesta para crear un proyecto educativo virtual accesible. Realiza un aporte a las preguntas de investigación PI1 y PI2, afirmando que es posible completar con aspectos de accesibilidad los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente, en este caso el propuesto en la norma ISO 19796.

8. Otras publicaciones relacionadas

A continuación se listan las publicaciones derivadas de este trabajo de tesis en otros congresos relacionados con la accesibilidad, calidad y educación virtual.

1. Hilera, J.R., Otón, S., Amado-Salvatierra, H.R. (2016). *Propuestas sobre cambios de nivel de accesibilidad de los criterios de conformidad establecidos por WCAG 2.0*. Actas de la IV Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para Mejorar la Accesibilidad (ATICAcces), 306-312. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
2. Hilera, J.R., Amado-Salvatierra, H.R. (2015). *Towards accessible e-learning using ESVI-AL project results*. Proceedings of the 13th International Conference on E-society (E-SOCIETY), 28-34. IADIS Press, Portugal.
3. Restrepo, F.A., Amado-Salvatierra, H.R., Argueta R. (2015). *Observatorio sobre accesibilidad en la educación y sociedad virtual*. Actas del VI Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual (CAFVIR 2015) - Formación Virtual Inclusiva de Calidad para el siglo XXI, 43-50. Universidad de Granada. ISBN: 978-84-338-5744-6.
4. Argueta R., Amado-Salvatierra, H.R., Restrepo, F.A. (2015). *Buenas prácticas durante la fase de análisis en la implantación de desarrollos curriculares virtuales accesibles.*, Actas del VI Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual (CAFVIR 2015) - Formación Virtual Inclusiva de Calidad para el siglo XXI, 189-194. Universidad de Granada. ISBN: 978-84-338-5744-6.
5. Amado-Salvatierra, H. R., Hernández, R., García-Cabot, A., García-López, E., Batanero, C., Otón, S. (2014). *Accessibility in Virtual Learning Environments: An Experience of Staff Training in Latin-America*. Proceedings of the Conference Universal Learning Design, 39-46, Paris 2014. ISBN 978-80-210-6882-7.
6. Hilera, J.R., Amado-Salvatierra, H., Martínez, D., Viera, J., Pestana, L. (2014). *Accesibilidad web: Estudio de un caso con evaluación automática y evaluación de usuarios*. Actas del VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA), 149-156. Universidad de Alcalá.
7. Amado-Salvatierra, H.R., Restrepo, F.A., Argueta R. (2014). *Red y observatorio ESVI-AL como expresión del trabajo colaborativo hacia la accesibilidad en la educación y sociedad virtual*. Actas VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2014), 125-132. Universidad de Alcalá. España. ISBN: 978-84-16133-42-0.

8. Restrepo, F.A., Amado-Salvatierra, H.R., Argueta R. (2014). *Formulación de una metodología para la construcción del observatorio virtual accesible en la educación y sociedad virtual; consideraciones iniciales*. Actas VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2014), 197-204. Universidad de Alcalá. España. ISBN: 978-84-16133-42-0.
9. Argueta R., Amado-Salvatierra H.R., Restrepo, F.A. (2014). *Definición de servicios y diseño de fichas para la construcción del portal web del observatorio ESVI-AL sobre la Accesibilidad en la Educación y Sociedad Virtual*. Actas VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2014), 205-212. Universidad de Alcalá. España. ISBN: 978-84-16133-42-0
10. Batanero, C., Otón, S., Holvikivi, J., Karhu, M., Amado-Salvatierra, H.R. (2014). *Accessibility considerations in CDIO*. Proceedings 10th International CDIO Conference. ISBN: 978-84-697-2147-6.
11. Hernández R., Amado-Salvatierra H.R. (2013). *Identificación de instrumentos, métodos y técnicas de aplicación en la enseñanza virtual accesible*. Para uma Formacao Virtual Acessívele de Qualidade (CAFVIR 2013), 97-103. Universidad de Lisboa. Portugal. ISBN: 978-989-8553-18-8.
12. Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Linares, B., García, I., Batenero C., Otón S. (2013). *Requisitos de accesibilidad indispensables para un campus virtual accesible*. Para uma Formacao Virtual Acessível e de Qualidade (CAFVIR 2013), 119-130. Universidad de Lisboa. Portugal. ISBN: 978-989-8553-18-8.
13. Hernández, R., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, J.R. (2012). *E-inclusion project. Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments*. Proceedings of the IADIS International Conference e-Learning, 529-531. IADIS Press, Portugal.
14. Hernández, R., Amado-Salvatierra, H.R., Hernández R. (2012). *Inclusión de la accesibilidad en el proceso de diseño de cursos en ambiente de aprendizaje virtual a través de la implementación de estándares*. Revista Computación y Tecnología, Número 3, 2012, Universidad Autónoma del Carmen, México, ISSN: 2007-2554.
15. Hilera, J.R., Amado-Salvatierra, H.A. (2012). *Presentación del taller ATICAAcces*. I Taller sobre TICs y Accesibilidad (ATICAAcces). Actas del IV Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2012), 20. ISBN: 978-9942-08-386-9.

16. Varela C., Miñan, A., Hilera, J.R., Restrepo, F.A., Amado-Salvatierra, H.R., Córdova, M., Villaverde, A. (2012). *Estándares y legislación sobre accesibilidad web*. Actas del IV Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2012), 46. UTPL. ISBN: 978-9942-08-386-9
17. Amado-Salvatierra, H.R., Linares, B., García, I., Sánchez L., Ríos, L. (2012). *Análisis de Accesibilidad Web y Diseño Web Accesible para instituciones socias del proyecto ESVI-AL*. Actas del IV Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2012), 54. ISBN: 978-9942-08-386-9
18. Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R. (2012). *Recomendaciones para la creación de documentos de contenido docente accesible*. Actas del IV Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2012), 109. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. ISBN: 978-9942-08-386-9
19. Hernández, R., Amado-Salvatierra, H.R. (2012). *Evaluación de la accesibilidad de portales Web en instituciones educativas en el área de Centroamérica*. Actas del III Congreso Iberoamericano sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual, Universidad de Alcalá, 2012, ISBN: 978-84-8138-367-6.
20. Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Hilera, J.R. (2012). *Proyecto: E-Inclusión. Implementación de estándares de accesibilidad en el proceso de diseño de cursos en ambiente de aprendizaje virtual*. Actas del III Congreso Iberoamericano sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual, Universidad de Alcalá, 2012, ISBN: 978-84-8138-367-6.

Sección IV: Conclusiones y trabajo futuro

9. Conclusiones

Este trabajo propone una metodología integral que toma en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Concretamente, la metodología se basa en un marco de referencia internacional con el objetivo que cualquier institución pueda comparar, adaptar y complementar sus propios procesos para incorporar los aspectos de accesibilidad en su formación virtual. El trabajo de tesis ha generado como producto un libro guía, editado en español e inglés, que puede ser usado como referencia por cualquier institución educativa.

En este trabajo de tesis se han presentado los artículos que engloban el compendio de publicaciones que justifica los resultados obtenidos. Los trabajos han sido publicados en foros de reconocido prestigio y han validado la labor investigadora del doctorando en su periodo de realización de la tesis doctoral. Los tres trabajos principales en revistas en el índice JCR forman un compendio que demuestran que es posible proponer una metodología integral que tome en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible, como se demuestra en las publicaciones I y III, seguidamente se presenta un procedimiento para la revisión sistemática de la accesibilidad en plataformas virtuales en la publicación II. Se destaca la validación de la metodología propuesta mediante la creación de cursos destinados a los diferentes actores involucrados en un proyecto educativo virtual accesible como se concluye en las publicaciones I y III. Acompañando a las tres publicaciones principales de esta tesis doctoral, se han generado 30 publicaciones adicionales en revistas de impacto en el índice SJR, congresos internacionales de impacto CORE, un capítulo de libro, un libro editado, así como publicaciones en diversos congresos sobre calidad, accesibilidad y formación virtual.

En las diferentes fases de validación de la metodología propuesta se puede destacar la activa participación de más de 1000 docentes, representando a 150 diferentes instituciones de educación superior en América Latina. Las instituciones tienen origen en un total de 18 países en América Latina que han utilizado la metodología y han participado en alguna edición de los cursos de formación. Entre los países con más instituciones participantes se puede destacar: Colombia (23), México (18), Argentina

(15), Venezuela (15) y Perú (14). La diversa participación de instituciones de América Latina ha permitido validar la metodología en diferentes contextos educativos hacia una propuesta integral.

A nivel formativo, el trabajo realizado en torno a este proyecto de tesis ha permitido generar cuatro cursos de formación destinados a los actores que intervienen en el proceso educativo. Se resalta que ha sido posible validar tanto la metodología propuesta, como los cursos implementados en campus virtuales accesibles, mediante la preparación e impartición de seis cursos orientados a la mejora de la inserción laboral de jóvenes. Los cursos han contado con la participación de estudiantes con discapacidad gracias a la valiosa difusión de diversas organizaciones de personas con discapacidad destacando la Unión Latinoamericana de Ciegos (ULAC). Respecto a la participación de estudiantes, se identifica más de 900 estudiantes que tomaron al menos uno de los cursos. Del total de estudiantes aprobados, 421 estudiantes, se resalta que 357 estudiantes declararon tener algún tipo de discapacidad, ya sea física o sensorial. Complementariamente, es posible destacar la formación en accesibilidad a más de 180 administradores de campus virtuales, resaltando la importancia del personal técnico como un eslabón fundamental para el éxito de un proyecto educativo virtual accesible.

Finalmente es importante mencionar que a pesar que en el año 2017, un total de 172 países han ratificado la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad, actualmente al no existir en la mayoría de los países una legislación que refuerce la necesidad de brindar educación virtual accesible, las instituciones no le prestan atención a dicha necesidad. El trabajo realizado en el marco de este trabajo de tesis, apoyado por tres proyectos de cooperación en América Latina ha permitido realizar una tarea de sensibilización masiva en las Instituciones de Educación Superior, especialmente en 18 países de América Latina y en España, Portugal y Finlandia.

En conclusión, este trabajo de tesis ha propuesto la incorporación de los aspectos de accesibilidad en una metodología basada en un marco de referencia internacional basado en la norma ISO/IEC 19796, en busca de generar una metodología replicable y adaptable. Esto permitirá que cualquier institución pueda tomar como referencia esta metodología y realizar las adaptaciones necesarias para incorporar la accesibilidad en sus propios procesos de producción de cursos virtuales.

9.1 Revisión de objetivos y preguntas de investigación planteadas

Para dar respuesta al objetivo principal de esta tesis, el cual se encuentra enunciado en el Apartado 1.3 de la siguiente forma: “*proponer y validar una metodología integral que tome en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible*”, se resume a continuación las respuestas a las ocho preguntas de investigación (PI) en las que se ha desglosado el objetivo principal, acompañando a los cinco sub-objetivos de la tesis. A continuación se irá revisando su consecución.

- *PI1. ¿Se pueden mejorar o completar, con aspectos de accesibilidad, los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente?*

En las publicaciones I, III y XIII se identifica claramente la carencia de un marco de referencia que tome en cuenta los aspectos de accesibilidad; sin embargo, se identifica la norma ISO 19796 como un punto de partida para incorporar los aspectos de accesibilidad a cada uno de los procesos y componentes de un proyecto educativo basado en modalidad e-learning. Este trabajo de tesis presenta una propuesta integral incluyendo aspectos de accesibilidad, para cada uno de los procesos (7) y componentes (467) de una metodología basada en la norma ISO 19796.

Por tanto, se puede concluir que es posible completar con aspectos de accesibilidad los procesos y componentes del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia existente, en este caso la norma ISO 19796.

- *PI2. ¿Se pueden incorporar los aspectos de accesibilidad en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible para crear una metodología integral?*

En las publicaciones I, III y XIII se propone una metodología basada en el marco de referencia de la norma ISO 19796. En la metodología se identifican siete fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible: (1) Análisis de necesidades, (2) Análisis del marco, (3) Concepción y Diseño, (4) Desarrollo y Producción, (5) Implementación, (6) Aprendizaje, y (7) Evaluación y Optimización. En cada una de las fases se han incorporado los aspectos de accesibilidad que deben tomar en cuenta los diferentes involucrados en un proyecto educativo virtual accesible, tanto en los aspectos didácticos como técnicos.

Por tanto, se puede afirmar que es posible incorporar los aspectos de accesibilidad en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible para crear una metodología integral.

- *PI3. ¿Es posible diseñar un curso virtual accesible utilizando la metodología propuesta?*

Las publicaciones I, III, V, VII, VIII y XI presentan las experiencias obtenidas al utilizar la metodología propuesta para la creación de nueve cursos de formación para los diferentes actores involucrados en un proyecto educativo virtual accesible. Los cursos preparados para docentes fueron dos: "Creación de documentos educativos digitales accesibles"; e "Innovación pedagógica para un e-Learning accesible". También se diseñó un curso sobre accesibilidad web titulado: "Cómo diseñar, instalar y mantener un campus virtual accesible", dicho curso estaba destinado a los administradores de campus virtuales. Del total de cursos preparados, seis de los cursos estaban destinados a personas con discapacidad con el objetivo de mejorar su inserción laboral.

Por tanto, es posible concluir que se han diseñado y construido al menos nueve cursos virtuales accesibles utilizando la metodología propuesta en este trabajo de tesis.

- *PI4. ¿Se puede diseñar una metodología para proyectos educativos virtuales accesibles que pueda ser aplicada por cualquier docente sin necesidad de conocimientos específicos?*

Las publicaciones I, III, V, VII y VIII presentan la experiencia de formación a docentes sobre la aplicación de la metodología propuesta. En el curso destinado a docentes entre sus actividades formativas se incluía la realización de una propuesta de un curso virtual utilizando la metodología propuesta como guía. Este curso de formación da cuenta de al menos 336 docentes que aprobaron el mismo. En este sentido la experiencia ha generado más de 300 propuestas de cursos preparadas por docentes que han utilizado la metodología, por lo que es posible responder afirmativamente a la pregunta de investigación de la siguiente forma: La metodología propuesta para diseño de proyectos educativos virtuales accesibles puede ser aplicada por cualquier docente sin necesidad de conocimientos específicos adicionales.

- *PI5. ¿Los estudiantes con discapacidad pueden seguir independientemente y aprobar un curso virtual desarrollado siguiendo la metodología propuesta?*

Las publicaciones I y VI describen la experiencia de preparación e impartición de seis cursos orientados a la mejora de la inserción laboral de jóvenes. Los cursos han contado con la participación de estudiantes con discapacidad gracias a la valiosa difusión de

diversas organizaciones de personas con discapacidad, destacando la Unión Latinoamericana de Ciegos (ULAC). Respecto a la participación de estudiantes, se registran más de 900 estudiantes que tomaron al menos uno de los cursos. Del total de estudiantes aprobados, 421 estudiantes, se resalta que 357 estudiantes declararon tener algún tipo de discapacidad, ya sea física o sensorial.

Por tanto, es posible afirmar que estudiantes con discapacidad pueden seguir de forma independiente y aprobar un curso virtual desarrollado siguiendo la metodología propuesta en esta tesis.

- *PI6. ¿Se puede definir semánticamente una metodología propuesta de un proyecto educativo virtual accesible?*

La publicación I propone una definición semántica para la descripción formal de los componentes que conforman la metodología propuesta en este trabajo de tesis.

Por tanto, es posible concluir que si es posible definir semánticamente la metodología para un proyecto educativo virtual accesible.

- *PI7. ¿Es posible determinar procedimientos sistemáticos para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC?*

Las publicaciones II, VII, X, XI y XII proponen un procedimiento sistemático para evaluar la accesibilidad de una plataforma educativa tanto un campus virtual como una plataforma MOOC utilizando herramientas de validación automáticas. El procedimiento se complementa con la descripción de los pasos necesario para realizar una evaluación heurística que detalla la identificación de requisitos que deben ser probados por un experto y complementados por la evaluación de usuarios finales, en este caso estudiantes con discapacidad.

Por tanto, es posible afirmar que es posible determinar procedimientos sistemáticos para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC.

- *PI8. ¿Qué tipo de cursos o talleres se deben crear para la formación y sensibilización de los diferentes actores involucrados en el ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible?*

Las publicaciones I, III, V, VII, VIII, XI y XII presentan las experiencias de formación en accesibilidad para los involucrados en proyectos educativos virtuales accesibles que fueron llevadas a cabo en el marco de tres proyectos de investigación (E-Inclusión, ESVI-AL y ACAI-LA). En las publicaciones se describen los cursos preparados para

docentes: “Creación de documentos educativos digitales accesibles”; e “Innovación pedagógica para un e-Learning accesible”. También se diseñó un curso sobre accesibilidad web titulado: “Cómo diseñar, instalar y mantener un campus virtual accesible”, dicho curso estaba destinado a los administradores de campus virtuales. Del total de cursos preparados, seis de los cursos estaban destinados a personas con discapacidad con el objetivo de mejorar su inserción laboral.

Por tanto, se puede concluir que como mínimo se deben formar a dos grupos de involucrados en un proyecto educativo virtual accesible: docentes y administradores de campus virtuales. En relación a los docentes, es recomendable impartir dos tipos de formación, una sobre la creación de documentos educativos digitales accesibles y la otra que detalle los aspectos de accesibilidad a tomar en cuenta en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible.

A continuación se revisan cada uno de los cinco sub-objetivos planteados en el Apartado 1.3.

- *O1: Analizar el estado de arte de la aplicación de accesibilidad en los procesos y componentes de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia internacional.*

Las publicaciones I, II, III, IV y X presentan un análisis del estado de arte de la aplicación de accesibilidad en los procesos y componentes de un proyecto educativo virtual basado en un marco de referencia internacional, en este trabajo de tesis, la norma ISO 19796.

Por tanto, se puede concluir que el objetivo planteado ha sido alcanzado.

- *O2: Analizar los estándares de accesibilidad web relacionados con plataformas de e-learning y de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs).*

Las publicaciones II, VI, X y XII analizan los estándares de accesibilidad web relacionados con plataformas de e-Learning y de cursos masivos abiertos en línea (MOOCs). El análisis identificado aporta a los fundamentos de este trabajo de tesis ya que permitieron tomar en cuenta los diferentes aspectos de accesibilidad que han sido incorporados en la metodología propuesta.

Por tanto, se puede concluir que el objetivo planteado ha sido alcanzado.

- *O3: Proponer una solución metodológica concreta, incorporando los aspectos de accesibilidad en los procesos y componentes de un marco de referencia de un proyecto educativo virtual que permitan validar los resultados de la misma.*

Las publicaciones I, III, V, VIII y XIII describen una metodología integral que toma en cuenta la accesibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Concretamente, la metodología se basa en un marco de referencia internacional con el objetivo que cualquier institución pueda comparar, adaptar y complementar sus propios procesos para incorporar los aspectos de accesibilidad en su formación virtual. Es importante mencionar que la publicación XIII es un libro editado por el doctorando en español e inglés, con el objetivo que pueda ser usado como referencia por cualquier institución educativa.

Por tanto, se puede afirmar que el objetivo planteado ha sido alcanzado.

- *O4: Definir y validar la propuesta por medio de la creación de cursos orientados a los diferentes actores de un proyecto educativo virtual accesible, en especial hacia los estudiantes con discapacidad.*

Las publicaciones I, III, VI, VII, VIII y XI presentan el proceso de validación de la metodología propuesta llevado a cabo en la preparación de nueve cursos de formación. Se destaca la experiencia de preparación e impartición de seis cursos orientados a la mejora de la inserción laboral de jóvenes. Los cursos han contado con la participación de estudiantes con discapacidad gracias a la valiosa difusión de diversas organizaciones de personas con discapacidad, destacando la Unión Latinoamericana de Ciegos (ULAC). Respecto a la participación de estudiantes, se registran más de 900 estudiantes que tomaron al menos uno de los cursos. Del total de estudiantes aprobados, 421 estudiantes, se resalta que 357 estudiantes declararon tener algún tipo de discapacidad, ya sea física o sensorial.

Por tanto, se puede concluir que el objetivo planteado ha sido alcanzado.

- *O5: Definir formalmente la metodología propuesta para la creación de un proyecto educativo virtual accesible*

Las publicaciones I, III, IX, y XIII presentan la definición formal de la metodología propuesta. La publicación I presenta una definición semántica para la descripción formal de los componentes que conforman la metodología propuesta en este trabajo de tesis. Es importante mencionar que la publicación XIII es un libro editado por el doctorando en español e inglés, con el objetivo de dar a conocer la metodología propuesta y que pueda ser usada como referencia por cualquier institución educativa.

Por tanto, se puede afirmar que el objetivo planteado ha sido alcanzado.

10. Futuras líneas de investigación

A continuación se presentan algunas líneas de investigación identificadas que podrían continuar el estudio recogido en esta tesis.

10.1 Línea de investigación 1: Desarrollo de un modelo de calidad basado en métricas

Un resultado importante de esta investigación ha sido la identificación de métricas para la medición de la calidad de los productos que forman parte del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Las métricas se han definido siguiendo la norma ISO/IEC 19796-3 y se detallan en la publicación XIII.

El trabajo realizado en esta tesis doctoral permite identificar la existencia de una necesidad por incorporar métricas basadas en indicadores de accesibilidad que faciliten la evaluación de los resultados obtenidos en las diferentes fases del proyecto educativo virtual accesible. El hecho de proponer un marco de referencia basado en una norma internacional permite que las nuevas propuestas de procesos realizadas por otras instituciones, tomando como referencia la metodología desarrollada, puedan ser comparadas con modelos de calidad para futuras auditorías, así como la generación de certificaciones de accesibilidad y calidad.

Como trabajo futuro existe la posibilidad de proponer un modelo de calidad basado en las métricas definidas por la metodología y generar modelos de madurez. De esta forma una entidad acreditadora podrá realizar auditorías y generar certificaciones sobre la calidad y principalmente la accesibilidad de la formación virtual desarrollada por una institución educativa.

10.2 Línea de investigación 2: Propuesta para la integración e interoperabilidad de herramientas online de evaluación automática de accesibilidad web

La pregunta de investigación PI7, estaba enfocada en determinar procedimientos sistemáticos para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC. En este trabajo se ha detectado que las herramientas automáticas de evaluación generan resultados muy variados y es necesario identificar una alternativa para homogeneizar los reportes generados. Por una parte se ha detectado que una sola herramienta automática no es suficiente para la evaluación de un sitio o aplicación web, por otra parte el uso de diferentes herramientas implica necesariamente la consolidación de los resultados obtenidos.

10.3 Línea de investigación 3: Desarrollo de propuesta para la evaluación y reparación de la accesibilidad en objetos de aprendizaje

La pregunta de investigación PI7, estaba enfocada en determinar procedimientos sistemáticos para evaluar de forma eficaz la accesibilidad de plataformas de campus virtuales y las utilizadas en cursos en modalidad MOOC. Se resalta que la accesibilidad de los contenidos en un campus virtual es fundamental para mantener la consistencia en los diferentes procesos del ciclo de vida de un proyecto educativo virtual accesible. Se ha detectado que los esfuerzos realizados en mantener la accesibilidad de un campus virtual se pueden ver afectados en el momento que un docente sube documentos no accesibles al portal de un curso. En este sentido, aunque es primordial formar a los docentes, es importante aportar herramientas de apoyo que alerten a los docentes que un documento no cumple con los requisitos de accesibilidad y de preferencia que puedan reparar automáticamente los problemas detectados fácilmente.

La propuesta desarrollada debe contemplar aspectos de escalabilidad, así como de interoperabilidad entre distintos formatos de archivos, de preferencia haciendo uso de metadatos y sus estándares de accesibilidad relacionados.

Sección V: Referencias Bibliográficas

- AENOR (2010). UNE-EN ISO/IEC 19796-1:2010 Tecnología de la información. Enseñanza, educación y formación. Gestión, aseguramiento y métricas de la calidad. Parte 1: Aproximación general. Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR, 2012. UNE 66181:2012. Gestión de la Calidad. Calidad de la Formación Virtual. Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, España.
- AFNOR (2004). AFNOR Z 76-001 French Code of Practice in e-Learning. Asociación Francesa para la Normalización.
- Amado-Salvatierra, H. R., Hernández, R., & Hilera, J. R. (2012). Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments. *Procedia Computer Science*, 14, 363-370.
- Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Hilera, J.R. (2014). Teaching and promoting web accessibility in virtual learning environments: A staff training experience in Latin-America. In *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2440-2443. IEEE Press.
- Amado-Salvatierra, H.R., & Hernández, R. (2014). Towards a methodology to inclusive curriculum design: An experience presented within an accessible virtual learning environment. In *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2901-2907. IEEE.
- Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., García-Cabot, A., García-López, E., Batanero, C., & Otón, S. (2014a). Towards a Methodology for Curriculum Development within an Accessible Virtual Campus. In *Conference on Computers Helping People with Special Needs*, 338-341. Springer International Publishing
- Amado-Salvatierra, H.R., Hernández, R., Batanero, C., & Otón, S. (2014b). Towards an approach for a massive web accessibility training. *11th International Conference Applied Computing*, 230-233.
- Amado-Salvatierra, H. R., & Hilera, J. R. (2015). Towards an approach for an accessible and inclusive Virtual Education using ESVI-AL project results. *Interactive Technology and Smart Education*, 12(3), 158-168.
- Amado-Salvatierra, H.R., Quan, L.R., Hernández, R. (2015). Guía metodológica para la creación de desarrollos curriculares virtuales accesibles, Segunda edición. Universidad Galileo ISBN: 978-9929-40-658-2.
- Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J. R., Otón, S., Hernández, R., & Piedra, N. (2016). Towards a Semantic Definition of a Framework to Implement Accessible e-Learning Projects. *Journal of Universal Computer Science*, 22(7), 921-942.
- Amado-Salvatierra, H. R., Hilera, J.R., & Otón, S. (2017). Formalización de un marco metodológico para la implementación de un proyecto educativo virtual accesible. *Educación XX1*. (En prensa).
- Banco Mundial (2016). Discapacidad: Panorama general. Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/topic/disability/overview> [último acceso: 28/03/2017]
- Batanero, C., Karhu, M., Holvikivi, J., Otón, S., & Amado-Salvatierra, H. R. (2014). A method to evaluate accessibility in e-learning education systems. In *IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 556-560.
- Boletín Oficial del Estado BOE (2013). Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social. *Boletín Oficial del Estado*, 289. España.
- BS (2010) BS 8878:2010, Web accessibility, code of practice. British Standard.

- Burgstahler, S., Anderson, A. y Litzkow, M. (2011). Accessible Technology for Online and Face-to-Face Teaching and Learning. En K. King y T. Cox (Eds.), *The professor's guide to taming technology: leveraging digital media, Web 2.0, and more for learning* (pp. 201-218). Nueva York: Information Age Publishing Inc.
- Burgstahler, S. (2006). The development of accessibility indicators for distance learning programs. *Research in Learning Technology*, 14(1), 79-102.
- CAST (2011). Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Center for Applied Special Technology (CAST). Wakefield, MA. Recuperado de: <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines> [último acceso: 28/03/2017].
- CEN (2011). CWA 16266: Curriculum for training ICT Professionals in Universal Design. Comité Europeo de Normalización.
- Cooper, M. (2007). Making online learning accessible to disabled students: an institutional case study. En J. Seale (Ed.), *Approaches to Developing Accessible Learning Practices. Conceptualising Best Practice* (pp. 103-115). Nueva York: Routledge.
- Conole, G., Dyke, M., Oliver, M., y Seale, J. (2004). Mapping pedagogy and tools for effective learning design. *Computers & Education*, 43(1), 17-33.
- DIN (2004). DIN PAS 1032-1 Learning, Education and Training focusing on e-Learning. Part 1: Reference Model for Quality Management and Quality Assurance. Planning, Development, Realisation and Evaluation of Processes and Offers in Learning, Education and Training. Instituto Alemán de Normalización.
- Guglielman, E. (2013). Rethinking e-learning accessibility: Toward didactic guidelines to design inclusive activities. En D. Parmigiani, V. Pennazio y A. Traverso (Eds.), *Learning & Teaching with Media & Technology* (pp. 80-89). Brussels: ATEE.
- Hernández R., Chang, V., Gütl, C., & Amado-Salvatierra, H. (2013). An open online course with accessibility features. In Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, 635-643.
- Hersh, M. (2014). Evaluation framework for ICT-based learning technologies for disabled people. *Computers & Education*, 78(1), 30-47.
- ISO (2005). ISO/IEC 19796-1:2005, ITLET Quality management, assurance and metrics, Part 1: General approach. International Organization for Standardization.
- ISO (2009). ISO/IEC 19796-3:2009, ITLET Quality management, assurance and metrics, Part 3: Reference methods and metrics. International Organization for Standardization.
- ISO (2015) ISO/IEC 36000:2015, ITLET (Information Technology - Learning, Education, and Training - Quality for Learning, Education and Training - Fundamentals and Vocabulary. International Organization for Standardization.
- Kelly, B., Sloan, D., Brown, S., Seale, J., Petrie, H., Lauke, P., y Ball, S. (2007). Accessibility 2.0: people, policies and processes. En S. Harper y Y. Yesilada (Coords.), *Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A)* (pp. 138-147). Nueva York: ACM.
- Kelly, B., Lewthwaite, S., y Sloan, D. (2010). Developing countries; developing experiences: approaches to accessibility for the real world. En C. Asakawa, H. Takagi, L. Ferres y C. Shelly (Coords.), *Proceedings of the 2010 international cross disciplinary conference on web accessibility (W4A)* (art. 3). Nueva York: ACM.
- Martín, J.L., Amado-Salvatierra, H.R., & Hilerá, H.R. (2016). MOOCs for all: Evaluating the accessibility of top MOOC platforms. *International Journal of Engineering Education* 32, 5(B), 2374–2383.
- McAndrew, P., Farrow, R., y Cooper, M. (2012). Adapting online learning resources for all: planning for professionalism in accessibility. *Research in Learning Technology*, 20(4).

- Phipps, L., y Kelly, B. (2006). Holistic approaches to e-learning accessibility. *ALT-J: Research In Learning Technology*, 14(1), 69-78.
- Organización de las Naciones Unidas, ONU (2014). Mensaje en el Día Internacional de las Personas con Discapacidad 3 de diciembre de 2014. <http://www.un.org/es/events/disabilitiesday/2014/sgmessage.shtml> [último acceso: 03/02/2017].
- Organización de las Naciones Unidas ONU (2006) Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Organización de Naciones Unidas. <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>. [último acceso: 28/03/2017].
- Organización Mundial de la Salud OMS (2011). Informe mundial sobre la discapacidad. www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf [último acceso: 03/02/2017].
- Otón, S., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, J.R., García, E., García, A. (2015). Considerations on Barriers to Effective E-learning toward Accessible Virtual Campuses. In. E-learning - Instructional design, organizational strategy and management. 415-438. In Tech.
- Santos, O. C., y Boticario, J. G. (2015). Practical guidelines for designing and evaluating educationally oriented recommendations. *Computers & Education*, 81(1), 354-374.
- Seale, J. (2007). Disability, technology and e-learning: challenging conceptions. En J. Seale (Ed.), *Approaches to Developing Accessible Learning Practices. Conceptualising Best Practice* (pp. 1-9). Nueva York: Routledge.
- Seale, J. (2014). *E-learning and disability in higher education: accessibility research and practice*. Second edition. Nueva York. Routledge.
- Secretaría General Iberoamericana (2012). Documentos Emanados de la XXII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno y Declaraciones, Conclusiones y Cartas de la XXII Conferencia Iberoamericana y de otras Reuniones Iberoamericanas. 2012. http://www.forodedebatecadiz2012.es/descargasdocumentos/Cumbre_Cadiz_ES_P.pdf [último acceso: 03/02/2017].
- Slater, R., Pearson, V., Warren, J., y Forbes, T. (2015). Institutional change for improving accessibility in the design and delivery of distance learning—the role of faculty accessibility specialists at The Open University. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 30(1), 6-20.
- Smith, C., Spiegel, H., y Cox, B. (2010). The Missing Piece: The Need for Training Online Faculty to Design Accessible Online Courses. *National Social Science Technology Journal*, 4(1), 4.
- UE (2016). 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 para dispositivos móviles de los organismos del sector público. Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32016L2102>
- W3C (2012). WAI: Strategies, guidelines, resources to make the Web accessible to people with disabilities. Web Accessibility Initiative. World Wide Web Consortium (W3C). Recuperado de <http://www.w3.org/WAI/users/Overview.html>
- Yi, Z., Zhiting, Z., Xiaoyong, H., y Qing, L. (2004). Specification for service quality management system of e-learning. En W. Liu, Y. Shi y Q. Li (Eds.), *Advances in Web-Based Learning—ICWL 2004* (pp. 400-406). Berlin: Springer.

