



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Informática

Diseño de un modelo de u-learning para facilitar el aprendizaje en la
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Grado de

Doctor en Innovación en Tecnología Educativa

Presenta

Miguel Angel Peña Azpiri

Dirigido por:

Alexandro Escudero Nahón

Querétaro, Qro. a 19 de septiembre de 2022



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Diseño de un modelo de u-learning para facilitar el
aprendizaje en la Benemérita Universidad Autónoma
de Puebla

por

Miguel Angel Peña Azpiri

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IFDCC-290790



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Informática
Doctorado en Innovación en Tecnología Educativa

Diseño de un modelo de u-learning para facilitar el aprendizaje en la Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado
Doctor en Innovación en Tecnología Educativa

Presenta

Miguel Angel Peña Azpiri

Dirigido por:

Alexandro Escudero Nahón

Dr. Alexandro Escudero Nahón
Presidente

Dra. Ma. Teresa García Ramírez
Secretario

Dra. Claudia Cintya Peña Estrada
Vocal

Dra. Rocío Edith López Martínez
Suplente

Dr. Ricardo Chaparro Sánchez
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Septiembre de 2022
México

Dedicatorias

A mi familia, por estar siempre presentes en mi vida e inculcarme el estudio y la constante búsqueda del conocimiento.

A José Luis Pérez Rendón, por tu invaluable consejo, aporte al proyecto y, sobre todo, amistad; descansa en paz.

A María José Vega, por creer en mi e impulsarme a seguir adelante, por tu soporte y apoyo incondicional en cada etapa de este proyecto.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que recibí durante el doctorado.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por auspiciar el proyecto, en particular al Dr. Manuel Martín Ortiz, Director de Cómputo Académico, y a los miembros del equipo de trabajo, especialmente a la Mtra. Ana Claudia Zenteno Vázquez y a la Mtra. Guadalupe Esparragoza Martínez por su gran ayuda.

Al Dr. Alexandro Escudero Nahón por todo su apoyo, colaboración y dirección al proyecto.

A la Dra. Cintya Peña, la Dra. Teresa García, la Dra. Rocío López y el Dr. Ricardo Chaparro por su tiempo y dedicación para orientar el trabajo de investigación con crítica y sugerencias siempre valiosas.

A la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, por toda la instrucción y preparación académica otorgadas en el doctorado.

Índice

1	Introducción.....	15
1.1	Planteamiento del problema	17
1.2	Justificación	18
2	Antecedentes	20
2.1	Las TIC en el aprendizaje	20
2.1.1	El entorno social	22
2.1.2	El entorno escolar.....	23
2.2	Cómputo ubicuo.....	24
2.3	Ubicuidad tecnológica educativa	25
2.4	La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.....	28
2.4.1	Contexto institucional.....	28
2.4.1.1	El modelo universitario Minerva.....	29
2.4.1.2	La asignatura Formación Humana y Social.....	30
2.4.2	Contexto del estudiante	31
2.4.3	Contexto del profesor	32
2.4.4	Aproximaciones de sistemas de aprendizaje en la Universidad	33
3	Estado del arte	35
3.1	Conceptualización del u-learning.....	36
3.2	Implementación del u-learning.....	38
3.3	Teorías de aprendizaje utilizadas	40
3.4	Aceptación e impacto del u-learning.....	41
4	Fundamentación teórica.....	44
4.1	El constructivismo en la era digital.....	44
4.2	U-learning	46
4.2.1	Características del u-learning	48
4.2.2	El contexto en el u-learning	50
4.2.3	Aplicación del u-learning.....	51
4.2.4	Implementación del u-learning.....	52

4.3	Aceptación tecnológica	54
5	Planteamiento teórico	57
5.1	Hipótesis	57
5.2	Premisa.....	58
5.2.1	Preguntas de investigación.....	58
6	Objetivos	59
6.1	Objetivo general.....	59
6.2	Objetivos específicos	59
7	Método	60
7.1	Estrategia de desarrollo	62
7.2	Esquema del experimento	63
7.3	Muestra.....	64
7.4	Cuestionario de aceptación tecnológica	65
7.5	Entrevistas	66
7.6	Recursos.....	68
7.6.1	Materiales	68
7.6.2	Humanos	68
8	Diseño de la propuesta	70
8.1	Aproximación inicial	71
8.2	Exploración de línea base.....	72
8.3	Estrategia didáctica.....	76
8.4	Sistema de u-learning	91
9	Resultados	95
9.1	Situación tecnológica en la BUAP	95
9.1.1	Adopción tecnológica.....	95
9.1.2	Disponibilidad tecnológica	98
9.1.3	Uso de elementos tecnológicos.....	101
9.2	Elementos del u-learning	106
9.3	Modelo de u-learning	108
9.3.1	Escenario de aprendizaje	110
9.3.2	Estrategia educativa	111

9.3.3	Sistema de control central	116
9.3.4	Interacción con el usuario.....	120
9.3.5	Consciencia de la situación del usuario.....	123
9.4	Aplicación del modelo de u-learning en estudiantes de FHS	124
9.5	Percepción de la propuesta	131
10	Discusión.....	138
11	Conclusiones.....	144
12	Referencias bibliográficas	148
13	Anexos	155

Índice de Cuadros o tablas

Tabla 1 <i>Elementos de implementación del u-learning</i>	53
Tabla 2 <i>Esquema del experimento</i>	64
Tabla 3 <i>Reactivos del cuestionario de aceptación</i>	65
Tabla 4 <i>Perfiles de los entrevistados</i>	66
Tabla 5 <i>Estructura básica de las entrevistas</i>	67
Tabla 6 <i>Valores estadísticos descriptivos del post-test de la segunda propuesta</i>	89
Tabla 8 <i>Segmentación de características del u-learning</i>	106
Tabla 8 <i>Elementos del u-learning</i>	108
Tabla 9 <i>Reactivos de las pruebas</i>	126
Tabla 10 <i>Estadística descriptiva del Pre-test</i>	127
Tabla 11 <i>Visitas a OA del grupo de control</i>	128
Tabla 12 <i>Visitas a OA del grupo experimental</i>	129
Tabla 13 <i>Estadística descriptiva del post-test</i>	130
Tabla 14 <i>Resumen de resultados del cuestionario de aceptación tecnológica...</i>	131
Tabla 15 <i>Resumen de entrevistas de profesores del grupo experimental</i>	136

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Evolución del u-learning</i>	48
Figura 2 <i>Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología</i>	55
Figura 3 <i>Esquema del método de la investigación</i>	61
Figura 4 <i>Proceso iterativo de la investigación</i>	63
Figura 5 <i>Evolución del diseño de propuesta</i>	70
Figura 6 <i>Entrevista con profesora miembro del equipo de trabajo</i>	72
Figura 7 <i>Entrevista con profesor y administrador de redes</i>	74
Figura 8 <i>Portadas de los videos realizados como primera propuesta</i>	77
Figura 9 <i>Imagen interactiva realizada como propuesta</i>	78
Figura 10 <i>Diagrama de la secuencia didáctica inicial</i>	79
Figura 11 <i>Lista de videos en YouTube del subtema 1</i>	81
Figura 12 <i>Fragmento de infografía del subtema 2</i>	82
Figura 13 <i>Fragmento del archivo de texto del subtema 3</i>	82
Figura 14 <i>Carátula del podcast del subtema 2</i>	83
Figura 15 <i>Formulario de diagnóstico de la unidad temática</i>	83
Figura 16 <i>Podcast situado complementario del subtema 1</i>	84
Figura 17 <i>Fragmento situado de la infografía del subtema 1</i>	84
Figura 18 <i>Diagrama de la secuencia didáctica rediseñada</i>	87
Figura 19 <i>Esquema temprano de la plataforma</i>	92
Figura 20 <i>Bosquejo del despliegue del sistema y guía desplegada</i>	93
Figura 21 <i>Boceto de la etapa principal de la aplicación web propuesta</i>	94
Figura 22 <i>Recursos de TIC identificados por estudiantes</i>	96
Figura 23 <i>Familiaridad de los estudiantes con el smartphone</i>	101
Figura 24 <i>Familiaridad de los estudiantes con la consola de videojuegos</i>	101
Figura 25 <i>Dispositivos utilizados en la materia Formación Humana y Social</i>	102
Figura 26 <i>Uso de Internet por aspirantes a universitarios</i>	104

Figura 27 <i>Consideración del uso de la Smart TV para mejorar la accesibilidad en clase.....</i>	105
Figura 28 <i>Esquema del modelo</i>	109
Figura 29 <i>Secuencia didáctica del modelo</i>	112
Figura 30 <i>Variaciones situacionales en los OA.....</i>	113
Figura 31 <i>Archivo de video en reproducción.....</i>	114
Figura 32 <i>Archivo de audio en reproducción</i>	114
Figura 33 <i>Archivos de texto en pantalla</i>	115
Figura 34 <i>Cuestionario en línea de la prueba diagnóstica</i>	115
Figura 35 <i>Prueba rápida de la lección dos.....</i>	115
Figura 36 <i>Carpeta de OA de texto en el hosting alterno.....</i>	117
Figura 37 <i>Pantalla de login desde un smartphone y desde una laptop</i>	118
Figura 38 <i>Fragmento de la tabla usuarios en la base de datos del sistema</i>	118
Figura 39 <i>Pantalla principal del sistema.....</i>	119
Figura 40 <i>Pantalla de actividad actual</i>	120
Figura 41 <i>Pantalla emergente de un video y un podcast.....</i>	121
Figura 42 <i>Botón de acción para prueba rápida y mensaje de revisión de respuestas.....</i>	122
Figura 43 <i>Botón de acción para prueba rápida y mensaje de revisión de respuestas.....</i>	123
Figura 44 <i>Pantalla de recuperación de ubicación del estudiante.....</i>	124
Figura 45 <i>Comparativa del avance en rendimiento de grupos experimental y de control</i>	130
Figura 46 <i>Resultados de la expectativa de rendimiento</i>	132
Figura 47 <i>Resultados de la expectativa de esfuerzo</i>	132
Figura 48 <i>Resultados de la influencia social.....</i>	133
Figura 49 <i>Resultados de las condiciones facilitadoras</i>	133
Figura 50 <i>Resultados de la intención de uso</i>	134
Figura 51 <i>Comportamiento de las opiniones de los estudiantes sobre el uso del sistema.....</i>	135

Abreviaturas y acrónimos

BUAP. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

DCyTIC. Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

DITE. Doctorado en Innovación en Tecnología Educativa.

GPS. *Global Positioning System*.

Gbps. *Giga bit* por Segundo.

IBD. Investigación Basada en Diseño.

Mbps. *Megabits* por segundo.

MUM. Modelo Universitario Minerva.

NFC. *Near Field Communication*.

QR. *Quick Response code*.

RFID. *Radio Frequency Identification*

TE. Tecnologías Educativas.

TELD. *Teach by Example, Learn by Doing*.

TIC. Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

UAQ. Universidad Autónoma de Querétaro.

Resumen

La hiperconectividad tecnológica y cultural de los estudiantes universitarios en la segunda decena del siglo XXI hace necesaria la adecuación de la metodología educativa para conectar más y mejor con ellos y, así, promover la motivación por aprender. El *u-learning*, al valerse de la proliferación de los dispositivos inteligentes conectados a Internet, se muestra como un mecanismo adecuado para lograrlo, ya que se fortalece en ambientes sin restricciones físicas o temporales haciéndose cercano a la informalidad, lo que le permite incorporarse a la vida misma del estudiante. Este trabajo de investigación utiliza una metodología mixta administrada con investigación basada en diseño, que, como una estrategia de innovación, permite encontrar una solución práctica a la situación detectada e incorporarla a la realidad educativa para transformarla. Así, se trabajó para definir los elementos esenciales de un sistema de *u-learning* aplicable al contexto institucional de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, diseñar un modelo de aprendizaje que facilite el aprendizaje de los estudiantes, y analizar su impacto al utilizarlo en la materia Formación Humana y Social. En esta tesis, se demuestra la utilidad del *u-learning* en la educación universitaria y su buena aceptación por los involucrados, lo que abre la posibilidad de aplicarse en otras instituciones y ambientes educativos.

Palabras clave.

Aprendizaje asistido por computadora, IBD, u-learning.

Abstract

The technological and cultural hyperconnectivity of university students in the second decade of the 21st century, makes it necessary to adapt the educational methodology to better engage with them, thus, promoting learning motivation. U-learning, by making use of the proliferation of internet connected smart devices, is shown as an adequate mechanism to achieve this, for it is strengthened in environments without physical or temporal restrictions, becoming close to informality, which allows it to be present in the student's life. This work uses a mixed methodology managed by a design-based research approach that, as an innovation strategy, allows to find a practical solution to the detected situation, and to incorporate it to transform the educative reality. Thus, we worked to define the essential elements of a u-learning system applicable to the institutional context of the Benemeritous University of Puebla, design a learning model that facilitates student learning, and analyze its impact when used in the Human and Social Training course. In this written dissertation, the utility and acceptance of u-learning in higher education is demonstrated, which opens the possibility of applying it in other institutions and educational environments.

Key words.

Computer assisted instruction, DBR, u-learning.

1 Introducción

Desde finales del siglo XX, el auge en las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) ha promovido una vorágine de innovaciones en la vida cotidiana de las personas. Desde computadoras personales más pequeñas hasta dispositivos inteligentes conscientes del contexto, los avances tecnológicos cambiaron la forma en que percibimos la realidad. Las computadoras se han entretelado en el día a día, se han embebido en el supermercado, en los autos, en los aviones y hasta en nuestros hogares. Todos usamos computadoras para mejorar y facilitar nuestras vidas.

En consecuencia, la educación se nutre por la misma situación. Al igual que todas las áreas de intervención humana, ha creado una simbiosis con las TIC, no obstante, la generación de conocimiento no siempre está apoyada en éstas (Escofet et al., 2014). De manera generalizada, se observa la incorporación de dispositivos multimedia como el proyector de acetatos o diapositivas, el cañón, y la computadora para reproducir audio y video, dejando completamente el diseño de los contenidos educativos y su interacción a los instructores (R. Hernández et al., 2014)

En la exaltación del cambio de siglo y de la mano del *boom* de Internet, los investigadores y profesionales de la educación se dedicaron a idear cómo adecuar la enseñanza a los nuevos medios, desde el diseño mismo de la instrucción. Así, la Tecnología Educativa (TE) experimentó diversos mecanismos para hacer llegar a los estudiantes contenidos formativos para trascender el aula, lo que, en forma de aprendizaje electrónico, o *e-learning*, permitió la creación de entornos completos de aprendizaje basados en una dualidad tecnológica y pedagógica como Moodle o Blackboard (García Peñalvo, 2005), en los que el estudiante puede acceder a sus cursos de manera más flexible y novedosa gracias a la Web (Doucette, 2018).

Por otra parte, la innovación en información y tecnología siguió su camino sin esperar que los profesores subieran al barco. A mediados de la primera década del siglo XXI, surgió un avance significativo en los dispositivos personales inteligentes. Con la competencia entre Nokia y Apple, el panorama cambió por completo, apareció el rey del nuevo siglo, el *smartphone* (Zhang et al., 2019). Hoy en día, los *smartphones* tienen capacidades tecnológicas avanzadas que solo se podían ver en grandes empresas e instituciones de investigación y desarrollo científico; sensores de geolocalización, micrófonos, procesamiento paralelo y de alto rendimiento, almacenamiento, memoria y conectividad a Internet, son elementos comunes en los teléfonos inteligentes que hoy usan desde niños, hasta ancianos. De este modo, el smartphone se muestra como el dispositivo ubicuo por excelencia que reúne todas las capacidades de comunicación, sensado, procesamiento y multimedia usadas en la cultura popular, lo que establece un parteaguas para la innovación de las TIC en la educación (Burbules, 2014).

La utilidad de tener cada vez más dispositivos personales inteligentes conectados a Internet ya sea un *smartphone*, una tableta o incluso una laptop, es evidente, y ha creado una sociedad global conectada (Bozkurt, 2016). De la mano de esto, millones de usuarios tienen la posibilidad de crear contenido original casi en tiempo real, compartirlo y colaborar socialmente (Moreira et al., 2017), y con esto, millones de instituciones educativas tienen la posibilidad de conocer mejor y comprender a sus estudiantes para entregarles una mejor formación.

La TE siempre busca nuevos mecanismos para hacer llegar a los estudiantes contenidos personalizados y conscientes del contexto, buscando alcanzar el ideal de pioneros como Mark Weiser, de un entorno ubicuo en el que la tecnología estuviera inmersa en el medio ambiente y su uso diario fuese tan calmado como una caminata por el bosque (Peixoto, 2017).

El avance generalizado de la sociedad de la mano del desarrollo del Internet y los dispositivos móviles abre tantos campos de acción en la TE como vertientes existen en la propia investigación de las ciencias computacionales. Así, al aplicar

el cómputo ubicuo para embeber elementos educativos de interacción tecnológica en el medio ambiente llegamos al aprendizaje ubicuo (*u-learning*), mediante el cual se puede lograr una integración percibida en el inconsciente del estudiante, tomando el contexto del usuario para producir una experiencia personalizada de practicidad optimizada (Dix et al., 2004), situación que se busca continuamente en el desarrollo de instrumentos para generar conocimiento (A. Fernández, 2010).

1.1 Planteamiento del problema

Con más de 450 años de historia, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) cuenta con más de 75,054 estudiantes de educación superior distribuidos en 85 programas educativos (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2020). Al ingresar a la universidad, los estudiantes de cada uno de estos programas tienen por obligación cursar la materia de Formación Humana y Social, en la que adquieren habilidades sociales básicas para su crecimiento personal y profesional. En la actualidad, estos estudiantes son parte de una generación que nació con el siglo XXI y tiene acceso a tecnologías informáticas de manera generalizada. La problemática de esta investigación se sitúa en la forma de vida 'conectada' que tienen los estudiantes de nuevo ingreso en la materia de Formación Humana y Social de la BUAP, y en cómo es posible utilizar el *u-learning* para facilitar su aprendizaje.

La experiencia cotidiana al trabajar en el ambiente universitario nos indica que, de manera general, los estudiantes realizan sus interacciones sociales de manera digital, especialmente gracias al avance de las TIC, que se les ofrece a modo de laptops, *smartphones* y aplicaciones móviles (Sedek et al., 2012); no tanto así los profesores, quienes muchas veces se ven obligados a utilizar medios electrónicos para acercarse a sus estudiantes. No obstante, esta generalización de la tecnología ocurrió a la par de la computarización de la cultura (Manovich, 2001) sin preocuparse por el ámbito educativo, por lo que la situación de la interacción

educativa y social en la BUAP nos lleva a cuestionar la efectividad de la mediación de contenidos de aprendizaje basada en tecnología.

Así, este trabajo de investigación plantea el diseño de un modelo de *u-learning* que permita aumentar las actividades de aprendizaje de los estudiantes de la materia de Formación Humana y Social en la BUAP, y que afecte positivamente al desempeño escolar de estos.

1.2 Justificación

Las características socioculturales de los estudiantes que actualmente se encuentran en el nivel superior educativo, hacen importante la adecuación de los instrumentos del discurso pedagógico a la inmediatez de su realidad, en la que, a pesar de que efectivamente muestran un elevado uso de las tecnologías de la información, éste solamente es informal. Sabemos que la innovación tecnológica ha cambiado la forma en que vivimos y, a pesar de que en la mayoría de las instituciones de educación superior podemos observar sistemas informáticos que toman asistencia, calculan calificaciones, establecen horarios y administran mapas curriculares para los estudiantes, no muchas veces encontramos que la generación de conocimiento esté apoyada en las TIC (Escofet et al., 2014).

Así, este trabajo enfrenta este hecho con la mediación omnipresente del aprendizaje ubicuo, encontrando un nicho de pertinencia para la utilización del cómputo ubicuo en la educación para hacer llegar retroalimentación contextual de manera oportuna, y mediar la generación de conocimiento de una forma más cercana al *modus vivendi* de los estudiantes dentro del cohorte post-millennial, quienes actualmente son los usuarios finales del sistema educativo de educación superior.

Aunado a esto, dentro del universo académico de la BUAP, existen ya elementos de TIC que están siendo utilizados para automatizar diversos instrumentos de aprendizaje, los cuales, a pesar de mostrarse útiles, están siempre en evolución y

búsqueda de mejorar los resultados y experiencias de los estudiantes, por lo que el desarrollo de este trabajo presume la mejora de la gestión de las actividades académicas universitarias. Esto, de primera instancia impactará directamente a la comunidad de la universidad, y al probarse el modelo en cuestión, servirá de base a otros ejercicios en la sociedad educativa en general.

2 Antecedentes

Esfuerzos realizados históricamente han intentado utilizar las TIC como herramientas para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Hernández et al., 2014) y especialmente desde mediados del siglo XX, observamos su incorporación en los conceptos psicológicos sobre los cuales se sustentan nuestras creencias educativas: el conductismo, el cognoscitismo y el constructivismo (Area, 2009; Cabero, 2007; García-Valcárcel, 2010).

2.1 Las TIC en el aprendizaje

Con el auge de la tecnología en los medios de comunicación en el Estados Unidos de la postguerra, se pretendió utilizar el éxito que estos habían tenido en la industria para potenciar la educación (Area, 2009). Así, teorías psicológicas como el conductismo se vieron enriquecidas por elementos tecnológicos que buscaban alcanzar los objetivos propuestos a través de la incorporación de máquinas bajo el supuesto de que la diversidad y riqueza de los estímulos que la tecnología hacía posible, elevarían la atención y motivación de los estudiantes, facilitando la adquisición de conocimiento (Cabero, 2007). La caracterización de esta escalada tecnológica en la educación la observamos en la propuesta de Skinner para aplicar su condicionamiento operante en situaciones de aprendizaje, en donde se permitía al estudiante recibir retroalimentación inmediata a sus respuestas, asumiendo los principios de la modificación de la conducta (García-Valcárcel, 2010).

De forma similar, la inercia de la investigación y desarrollo sobre las TIC, promovió que sus conceptos permearan en otras disciplinas, dando pie a corrientes como el cognoscitismo, que al equiparar a la mente humana con una computadora teorizó la existencia de bancos de memoria y ejecución de procesos en el cerebro humano para tomar información, analizarla y procesarla para resolver un

problema, al mismo tiempo que reconoció la importancia de las emociones y de los procesos cognitivos de la persona para construir su realidad. Esto, provocó que se considerara a los elementos tecnológicos sólo como herramientas que mediasen las experiencias de los estudiantes con los instrumentos de trabajo para orientar los esfuerzos educativos hacia la mejora del material, y no del medio (Chacón, 2007).

Por otra parte, la incorporación de las TIC en el constructivismo se hizo de forma más natural debido a la naturaleza interactiva de ambos campos. El constructivismo, basado en el pensamiento de estudiosos como Vygotsky y Piaget, hace énfasis en el carácter activo del aprendizaje, en el que el sujeto es capaz de construir su propia experiencia. Se enfoca en el crecimiento dinámico del individuo desde un punto de vista social, marcado por la interacción con otras personas en una comunidad, donde la información se asimila al ser interpretada y reinterpretada (García-Valcárcel, 2010).

La evolución de estas teorías en respuesta a los cambios sociales del mundo ha sido importante y, a pesar de preceder la era digital, sus preceptos, especialmente los del constructivismo, se alinean perfectamente a la interactividad colectiva que se vive en la sociedad actual, y abre múltiples posibilidades para que la innovación en TIC ofrezca mecanismos que apoyen y aumenten a los contextos de aprendizaje digital que soportan el quehacer educativo moderno.

Las TIC han cambiado radicalmente la manera en que se vive, así, el desarrollo de las Ciencias Computacionales aplicadas a la información es gigantesco en comparación al de su aplicación a otras áreas de estudio. Su adopción en la tecnología educativa se ha visto limitada, por una parte, por el entorno social con problemáticas culturales complejas, enraizadas en la idiosincrasia misma de la gente, y por otro, por el entorno educativo institucional que generalmente se enfrenta a la decisión de cuál es el paradigma pedagógico a utilizar y la forma de implementarlo (Oliver, 2002).

2.1.1 El entorno social

Durante el siglo XX la educación era vista como el único camino hacia una mejor vida a través del éxito personal y profesional, con la familia tradicional como centro de la sociedad, como se puede ver con la forma de pensar de generaciones como los baby boomers y la generación X. Ahora, tras la primera veintena del siglo XXI, tenemos una generación de estudiantes cuya vida completa está inmersa en la tecnología (Doucette, 2018). Estos jóvenes no contemplan la vida en familia como el núcleo esencial de la sociedad, sino de la sociedad general como una inmensa familia a la que, solitariamente pertenecen, y en la que deben ser recibidos positivamente. La profesora de San Diego State University, Jean Twenge (2018), menciona en una entrevista al New York Times que no hace tanto tiempo las mayores distracciones de los estudiantes universitarios eran las drogas, el sexo y las fiestas, sin embargo, ahora hay otra razón para que no lean libros o pongan atención en clase: su smartphone.

Como Dave (Doucette, 2018) menciona, a pesar de que los estudiantes pueden navegar de forma fluida en el *twitterverso*, tienen mucho que aprender de aplicaciones educativas tecnológicas. Tanto los millenials, como la generación Z (o centennials) son pragmáticos y adoptan rápidamente las tecnologías que les aportan contenidos inmediatos, lúdicos y provocativos. No consideran a la educación formal como necesaria, de hecho, la ven como una actividad que realizan a falta de algo mejor que hacer. Este 'algo' puede ser el emprendimiento o sencillamente, disfrutar la vida como les plazca. Consecuentemente, los años de esfuerzo en seguir una disciplina formal basada en la TE, se ven opacados por la gran cantidad de información existente en el ciberespacio y en la facilidad de acceder a ella por una gran diversidad de contenidos (Nobre, 2018; Wiley, 2020). La practicidad es axioma para las generaciones actuales, y la paciencia no es una de sus virtudes. ¿Por qué ir a la escuela cuando puedo aprenderlo en un tutorial de YouTube?

A pesar de que estas características se identifiquen como problemáticas, también representan oportunidades que pueden utilizarse para alcanzar una mayor penetración en la formación del estudiante. La proliferación de las TIC, así como los avances en la electrónica y la globalización han permitido el crecimiento de investigación y aplicación de las TIC en la TE a nivel global. De este modo, una teoría desarrollada en Estados Unidos puede ponerse en práctica en Japón, algo que antes era muy complicado al no existir las comunicaciones que han dado paso a la transformación digital global. Hoy, la tecnología está embebida en nuestro entorno, tanto, que hace posible aprovechar la hiperconectividad de los jóvenes estudiantes, quienes desconocen lo que es vivir en un mundo sin Internet ni servicios web en la palma de su mano.

Así, la forma del proceso educacional se muestra trascendente ante el fondo debido al surgimiento de sociedades inteligentes, de tal manera que es necesario ampliar el horizonte del aprendizaje más allá del salón de clases, en la búsqueda del mecanismo para aprovechar completamente la vanguardia tecnológica presente en el entorno social actual, con experiencias más variadas, inspiradoras y centradas en el discente moderno.

2.1.2 El entorno escolar

En la institución educativa, un aspecto importante en cuestión es el paradigma pedagógico sobre el cual se basan las interacciones y la currícula de estudio y, por ende, la incorporación y adopción de TIC a esa dinámica elegida. Entonces, la integración tecnológica en los centros de estudio se ha desarrollado de forma en que apoye la adopción de las modalidades imperantes.

De este modo, Lomasko y Simonov (2016) encuentran que la mayoría de las universidades cuentan ya con ambientes ricos en TIC, donde no sólo las utilizan como herramientas, sino en forma de entornos virtuales de *e-learning*, de manera general desde aplicaciones en equipos de cómputo de escritorio. Aún más, encuentran que el estado actual de la educación basada en tecnologías de

Internet se puede observar como ‘educación inteligente’ (smart education), especialmente diseñada para tomar en cuenta principios como la flexibilidad, adaptabilidad y variabilidad, para implementar actividades educativas libres de lugar, tiempo y, condiciones individuales. En este sentido, Primmer, Mateescu y Gröhbiel (2016) identifican al *m-learning* (*mobile learning*) como una evolución del *e-learning* que permite aplicar la tecnología en diversos diseños educativos, con interactividad entre personas y con acceso a información sin las restricciones físicas comunes, transitando del escritorio hacia las implantaciones móviles. Así, se encuentra que, debido a la creciente cantidad de dispositivos interconectados, las actividades educativas deben de enfocarse a los teléfonos móviles, ya que están presentes en la mayoría de las actividades diarias de los alumnos.

Esta movilidad es sumamente útil para aplicar tecnologías educativas de manera cercana a los estudiantes (E. Fernández, 2010), no obstante, para ser efectiva necesita permitir la adecuación de los contenidos educativos de manera dinámica. Siguiendo estas nociones, Leonor Cárdenas y Alejandro Peña (2018), encuentran al aprendizaje pervasivo (*p-learning* o *pervasive-learning*) como una unión de disciplinas como pedagogía, psicología, ciencias de la computación, informática, comunicaciones y ciencias cognoscitivas con la educación, que permite crear experiencias de aprendizaje inmersivo al utilizar dispositivos de sensado para crear ambientes conscientes del contexto del usuario. Esta consciencia tecnológica es esencial para la aplicación de diversas estrategias educativas de manera ágil, como el aprendizaje significativo, el situado, y el real.

2.2 Cómputo ubicuo

El cómputo ubicuo (*ubiquitous computing* o *ubicomp*) nace a finales de los años 80 del siglo XX en el Xerox PARC (Palo Alto *Research Center*). Ahí, investigadores liderados por Mark Weiser, iniciaron una disciplina en la búsqueda por migrar la interacción humano-computadora, desde el escritorio, hacia el día a día. Otro término acuñado más adelante fue el de cómputo pervasivo (*pervasive*

computing), acuñado por IBM en su intento por desarrollar infraestructura de cómputo capaz de permear el medio ambiente hasta que no sea posible distinguir las computadoras (Dix et al., 2004). Como Weiser observó: “Las tecnologías más profundas son aquellas que desaparecen. Se entrelazan en la tela del día a día hasta que son simplemente indistinguibles” (1991, p. 94).

Las aplicaciones del cómputo ubicuo en la sociedad son muchas: realidad aumentada, mapas dinámicos alimentados por GPS, pagos electrónicos por NFC, asistentes digitales personales, dispositivos inteligentes como lavadoras o refrigeradores, casas automatizadas, etc., es decir, el cómputo ubicuo es lo que hace posible lo que ahora conocemos como IoT, el Internet de las cosas.

La fuente del poder de su implementación y adopción en la vida cotidiana es el sentido del contexto del usuario, de este modo, un sistema de cómputo ubicuo es capaz de conocer una gran cantidad de información del medio ambiente, y de acuerdo con las capacidades de cómputo disponibles, actuar y entregarle un beneficio al usuario.

En este sentido, la ubicuidad no sólo implica estar en ‘todos lados’, sino también ‘en todas las cosas’, desde las cuales se obtienen datos en cada momento en que interactúan, ya sea con un humano o con ‘otra cosa’, y a su vez, la ubicuidad encuentra nuevos significados al socializar estos datos con otros dispositivos, que en conjunto computan y los transforman en información valiosa. Es, en otras palabras, la colonización de la vida diaria por las tecnologías de la información (Greenfield, 2006).

2.3 Ubicuidad tecnológica educativa

Las capacidades tecnológicas que hoy inundan las instituciones educativas han sido desarrolladas y procuradas gracias a las ciencias computacionales. En especial, las tecnologías capaces de adecuar los contenidos educativos de manera dinámica, según el contexto de los estudiantes, se han desarrollado a

partir de los preceptos del cómputo ubicuo, que intenta embeber elementos de interacción tecnológica en el medio ambiente, logrando que la interacción que de manera normal requiere una gran cantidad de atención del usuario, se lleve a cabo en su subconsciente, tomando el contexto del usuario para producir una experiencia personalizada de practicidad optimizada (Dix et al., 2004). Así, la tecnología, al estar presente en todas partes, tiende a desaparecer en el tejido de la vida cotidiana. Concepto que Adam Greenfield (2006) extiende hacia el *Everyware*, el ambiente tecnológico omnipresente, lo que puede ayudar a entender cómo la ubicuidad va más allá de estar en cualquier lugar, ya que busca minimizar la demanda de atención en los dispositivos al disolverse en el entorno con una gran variedad de computadores de diversos tamaños y capacidades según la necesidad que cubren, mediante interacciones fluidas y naturales en las que el sujeto apenas nota el poder de cómputo detrás de estas y sólo se beneficia de los servicios que le entregan. En consecuencia, la diversidad de opciones que el cómputo ubicuo ofrece para evolucionar la sociedad es bastante amplia.

Una de estas soluciones propone un ambiente ubicuo que promueva y facilite el aprendizaje. Bajo el nombre de *u-learning (ubiquitous learning)*, esta propuesta es objeto de estudio de numerosos investigadores alrededor del mundo, y de manera general busca que el aprendizaje suceda en cualquier lugar y en cualquier momento (Ally, 2019; Aparicio-Martínez et al., 2019; Burbules, 2014; Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2018; de Sousa Monteiro et al., 2016; Gallego et al., 2017; Khenioui, 2019; Moreno López et al., 2017; Peixoto, 2017; Wen & Zhang, 2015).

El *ubiquitous learning* es un esfuerzo por incorporar las ideas de Weiser a las TE, provocando que el acceso a los materiales de aprendizaje y a la experiencia educativa en general, pueda hacerse en cualquier momento y en cualquier lugar, lo que permite mejorar la experiencia del aprendizaje, al personalizar los contenidos a las necesidades particulares de cada estudiante basándose en su contexto (Machado et al., 2018). De este modo, el *u-learning* persigue un modelo de formación universal, entretejido en la vida diaria, en el que, a través de TIC, se

promueva el aprendizaje significativo sin restricciones temporales o espaciales (E. Fernández, 2010).

Un sistema de aprendizaje ubicuo apoya a los estudiantes a través de computadoras invisibles y embebidas en su vida diaria. Tales ambientes permiten a los estudiantes aprender en cualquier momento y en cualquier lugar, alentándolos a un aprendizaje más experimental, como aprender al hacer, interactuar y compartir, y facilita el aprendizaje bajo demanda, de manos a la obra, de mente a la obra y el aprendizaje auténtico. (Graf & Kinshuk, 2008 citados en Ma & Yu, 2019, p. 94)

Obviando los elementos tecnológicos, el elemento central de esta modalidad se encuentra en el concepto de ubicuidad, el cual se observa en el aprendizaje como la cualidad que tiene el contenido educativo de estar disponible para el estudiante, en el momento que se requiera y de la forma en que sea más accesible para él.

Para implementar este tipo de aprendizaje, se utilizan distintos métodos que conjuntan por un lado la infraestructura tecnológica, y por el otro la estrategia educativa. Para coordinar la infraestructura tecnológica, investigadores del *u-learning* se han enfocado en tres elementos esenciales: el control central, que utiliza elementos de cómputo para coordinar el funcionamiento general del sistema de enseñanza aprendizaje mediado por tecnología según las estrategias educativas elegidas, la consciencia de la situación del usuario, que permite obtener información del contexto del estudiante para alimentar al sistema de control, y la interacción con el usuario, que utiliza herramientas tecnológicas para intercambiar información entre el sistema de control y el usuario. Por parte de la estrategia educativa, se pone especial atención al escenario de aprendizaje, que especifica en dónde y de qué forma se llevará a cabo el proceso educativo, y al modelo pedagógico, que dicta el enfoque, momentos y tipos de actividades que a los que se someterán los estudiantes.

Esta práctica se basa en la alta disposición que tienen los estudiantes jóvenes a aceptar el acercamiento educativo a través de la tecnología, lo cual es evidente

por investigaciones como la de Hu Xiao (2019) y la de Leo Ma y Ling Ling Yu (2019); y si bien estudios como el de Nadjat Khenioui (2019) nos permiten ver que efectivamente, la tecnología tiene un impacto positivo en la instrucción y el aprendizaje y, en satisfacer las demandas de las generaciones jóvenes, también el autor nos muestra que la participación del docente debe ser más activa, adecuando las actividades a ser más divertidas, orientándose a los factores socioculturales del aprendizaje moderno.

2.4 La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

La BUAP es una de las universidades públicas y autónomas más importantes de México. Sus raíces se remontan a los asentamientos jesuitas en Puebla durante el siglo XVI cuando fundaron el Seminario de la Compañía de Jesús de San Jerónimo, que, tras una larga historia, se transformó en la hoy máxima casa de estudios del Estado de Puebla, y pilar de la educación superior y la investigación científica en la región (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, n.d.).

2.4.1 Contexto institucional

La BUAP ha realizado esfuerzos constantes para asegurar la pertinencia de sus programas de estudio y que sus egresados posean las competencias necesarias para poder adaptarse y actuar ante escenarios complejos y participar de manera positiva y proactiva en la generación de soluciones sociales. En este sentido, durante la última década, la Universidad ha utilizado un modelo educativo basado en la teoría del constructivismo social: el Modelo Educativo Minerva (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2007).

Por otra parte, la universidad cuenta con una oferta educativa amplia y diversa, que se compone por tres programas de educación media superior, 83 de nivel superior y 91 de posgrado. En estos programas de estudio, durante el periodo 2019-2020, la matrícula estudiantil fue de 105,722 personas, de estos, 81,599

estudiantes fueron parte del nivel superior. Respecto a los aspirantes, en el 2019 se registraron 45,932 personas con intención de ingresar a la máxima casa de estudios del Estado de Puebla, y de ellos, ingresaron en todos los niveles poco más de 18,000. Para atender a estos estudiantes, la planta docente de la universidad consta de 5,157 profesores, de los cuales, 4,200 dan cátedra en el nivel superior (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2020).

Además, toda la comunidad universitaria disfruta el acceso a infraestructura de cómputo de apoyo a los procesos educativos, como es el acceso a la red institucional, con conexión de alta velocidad a la Internet y a otras redes educativas, a un gran acervo bibliotecario y bases de datos digitales, a equipos de proyección multimedia en aulas y laboratorios en los campus universitarios de todo el estado, a servicios de cómputo de alto rendimiento y a más de 33,000 computadoras activas a lo largo de la institución (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2020).

2.4.1.1 El modelo universitario Minerva

El quehacer educativo de la BUAP se rige actualmente por el Modelo Universitario Minerva (MUM), que promueve el desarrollo del estudiante buscando una educación que lo acompañe a lo largo de su vida, que impulse su participación activa en la sociedad y consolide los derechos humanos, el desarrollo sustentable, la democracia y la paz, en un contexto de interculturalidad, multiculturalidad y justicia. Esto lo hace a través de los pilares: aprender a conocer, aprender a ser, aprender a hacer, aprender a vivir juntos, aprender a emprender y aprender a desaprender.

Pretende la formación integral del estudiante, en donde se promueva la autonomía del individuo, reconociendo su capacidad para auto dirigir y organizar su aprendizaje, impulsando el pensamiento analítico, crítico y creativo, así como las actitudes y habilidades para una mejor calidad de vida, principalmente hacia los contenidos éticos y de valores, así como a las herramientas para tener acceso a

las vías de información y comunicación, saberes necesarios para desenvolverse en la sociedad actual; y la formación pertinente, que vincula la educación con el contexto para que adquiera sentido, considerándose de manera global, compleja y multidimensional.

Se basa en un enfoque constructivista, con orientación sociocultural que observa que el salón de clases no es el único sitio en el que se promueve el conocimiento, sino que se requiere de la utilización de herramientas simbólicas de origen social para promover el desarrollo del individuo, mediante la incorporación de significados y experiencias sociales o de su entorno, lo que permite la reconstrucción de la realidad, enfatizando el aprendizaje guiado y cooperativo, mediante la interacción dentro de la zona de desarrollo próximo; que retoma y se enriquece con el humanismo crítico y su modelo anti autoritario, con una matriz disciplinar no monolítica, que entiende al ser humano como en constante evolución y que construye su propia realidad, en el entendido que una persona no puede conocer plenamente la realidad de otra (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2007).

2.4.1.2 La asignatura Formación Humana y Social

Esta asignatura es parte del eje transversal del MUM, y se encarga de trabajar el desarrollo de habilidades personales en el estudiante. Es una de las primeras materias que se toman al ingresar a la universidad, y es obligatoria para poder acceder al resto de la malla curricular. Se acompaña de las asignaturas de los otros ejes transversales, que observan el desarrollo de habilidades del pensamiento complejo, de tecnologías de la información y comunicación, de lenguas y de investigación (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2010).

En esta materia busca reforzar en el estudiante diversos valores, habilidades y actitudes que, a partir de reflexiones serias y pensamientos críticos, les permitan asumir los retos actuales con responsabilidad y honestidad, para formarse como excelentes profesionales involucrados con la sociedad. En general, se busca que

el estudiante pueda enfocar su trayectoria escolar de manera individual y a través de sus relaciones interpersonales a partir de un enfoque humanista (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2010).

El diseño de esta asignatura, realizado por expertos de la Vicerrectoría de Docencia de la BUAP (2010), comprende un tiempo de trabajo estimado de 64 horas de teoría y práctica, y el desenvolvimiento temático en cuatro unidades:

1. El individuo y su interrelación.
2. El entorno social y cultural.
3. El profesional en el área de conocimiento.
4. La incorporación a un entorno social y cultural a partir de la realización profesional.

En las que, de manera general, se orienta la secuencia para que el estudiante observe su papel en su propio crecimiento y realice una adecuada planificación de vida.

2.4.2 Contexto del estudiante

Los estudiantes en la BUAP forman parte de una comunidad que se conforma por más de 105,000 personas. Estos estudiantes son en su mayoría originarios del estado de Puebla, aunque hay un porcentaje considerable de estudiantes provenientes de estados del centro-sur del país, como Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2020).

Como otras grandes urbes, la Ciudad de Puebla centraliza la inmigración de pobladores del interior del estado a la capital de este, de modo que, aunque poblanos, los estudiantes tienen características diferentes. Los oriundos de la capital poblana, o de otras ciudades grandes, han tenido acceso a más recursos educativos y a una forma de pensar urbana, basada en la posibilidad de

experimentar productos, servicios y situaciones, acorde a una sociedad globalizada. Por otra parte, los originarios en poblaciones pequeñas se educaron en ambientes rurales, con menos acceso a recursos educativos y a otros servicios. Por ejemplo, los hogares poblanos que cuentan con una computadora en las zonas urbanas son aproximadamente el 32% del total, mientras que, en las zonas rurales, este dato baja a poco más del 5%. Estos datos se repiten en los otros estados de donde provienen la mayoría de los estudiantes de la BUAP (Rojas & Navarrete, 2019). No obstante, estos datos estadísticos, durante la obtención de información de los estudiantes parte de la muestra de estudio, observamos que, aunque no todos los jóvenes encuestados tienen una computadora en casa, todos cuentan con un teléfono inteligente de su propiedad con conexión a internet.

Esto da forma a una población heterogénea de estudiantes en la universidad, que puede entenderse como una muestra del estudiante promedio de las universidades públicas estatales de nuestro país.

2.4.3 Contexto del profesor

Con el objetivo de potenciar la generación de conocimiento, en la Universidad se ha logrado consolidar un grupo importante de docentes e investigadores con reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores y de otros programas federales de estímulo a la función docente universitaria. De 5,157 profesores, 4200 atienden a programas de licenciatura y de posgrado (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2020).

Los profesores de la universidad son parte de programas de formación docente, en los que reciben actualización para temas diversos que les ayudan a ofrecer mejores cátedras y a diseñar mejor sus actividades de enseñanza. También, tienen acceso a los distintos recursos tecnológicos como acervos bibliotecarios digitales, bases de datos de información científica, servicios de conectividad a la red institucional y a la infraestructura de cómputo.

Además, gracias a la información proporcionada por los docentes que participan en este trabajo doctoral, sabemos que, en su gran mayoría, los profesores de la Universidad cuentan en casa con al menos un equipo de cómputo y un teléfono inteligente, ambos con conectividad a Internet, y en muchos casos con otros dispositivos personales de cómputo como tabletas digitales y televisiones inteligentes. No obstante, también encontramos que, a pesar de contar con equipos personales y privados de cómputo, no es absoluto el dominio que tienen sobre su uso, y menos cuando se trata de actividades relacionadas con sus labores docentes.

2.4.4 Aproximaciones de sistemas de aprendizaje en la Universidad

Dentro de la BUAP existen sistemas de apoyo para las actividades de los estudiantes, estos han sido realizados tanto institucionalmente como por iniciativa de los propios profesores investigadores.

Institucionalmente, la oferta de modalidades educativas semipresencial y a distancia se ofrece a través de Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) profesionales como Moodle y Blackboard. Además de que, gracias a esfuerzos recientes, se han desarrollado nuevas estrategias para apoyar algunas lagunas en el proceso general de enseñanza aprendizaje, como la inclusión de la plataforma Scientiagenus, como un entorno *autogestivo* que utilizan los aspirantes y los nuevos estudiantes para adquirir el conocimiento sin la necesidad de un profesor o incluso un facilitador. La incorporación de este EVA se basa, por un lado, en el cambio de políticas educativas en el gobierno que se orienta al aumento de los lugares disponibles a alumnos de nuevo ingreso en la universidad, y por otra a la necesidad de facilitar un medio de interacción educativa masivo y a distancia ante el cambio de paradigma forzado durante el último año, provocado por la pandemia de la COVID19.

Aunado a estos sistemas, en la Universidad existen otros sistemas electrónicos de apoyo a la enseñanza, como la aplicación web de las Evaluaciones Colegiadas del

Aprendizaje por Asignatura (ECAAS), diseñado de acuerdo con las necesidades y especificaciones de la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad, y que permite realizar evaluaciones colegiadas de manera objetiva y con resultados inmediatos. Este sistema, al ser institucional, cuenta con la infraestructura de cómputo necesaria para su uso, resguardo, protección y eventual adecuación y actualización por la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicaciones (DCyTIC).

Por otra parte, la naturaleza investigadora de los profesores universitarios ha arrojado propuestas interesantes. Un ejemplo se encuentra en el desarrollo de un entorno virtual como apoyo al eje transversal Formación Humana y Social que diseñaron Boone, Archundia, García y Soriano (2014) para la Facultad de Ciencias de la Computación de la BUAP. En este trabajo, los autores se centran en el programa de la asignatura para ofrecer los contenidos de los objetos de aprendizaje a través de páginas web. Esta propuesta, ofrece el contenido formativo de forma estática, sin promover la interacción de los actores, ni motivar el aprendizaje en los estudiantes ni la enseñanza en los docentes basándose en estrategias pedagógicas específicas.

De manera similar, encontramos el trabajo de Josefina Guerrero, Juan Manuel González, Raudi López y Emmanuel Sánchez (2013), en el que diseñan un sistema que ayude al profesor a crear contenido de *e-learning* adecuado al enfoque socio-constructivista.

En otra aproximación más cercana a la temática de este trabajo doctoral, encontramos el sistema u-Teacher (Zacarías et al., 2008), que ofrece una aplicación ubicua basada en teléfonos celulares con acceso a contenido educativo por web móvil y mensajes multimedia aplicados a la enseñanza del idioma inglés, que mostró buena aceptación y motivación en los estudiantes, pero no continuó su desarrollo por las limitadas capacidades en TIC de la época.

3 Estado del arte

En la literatura hay un consenso general acerca de la eficiencia actual de los sistemas de información y comunicaciones que, a través de su proliferación, han permitido una mejora en la educación y en la explotación de recursos educativos. Sin embargo, la evolución rápida y sin control de la tecnología ha provocado que no se consolide el conocimiento sistemático del tema ya que, al considerarse revolucionario, enfrenta usualmente resistencia al cambio, lo que se muestra en la aparición de conceptos distintos, aun cercanos (E. Fernández, 2010). Esto es un reflejo de la aparición de nuevas condiciones de implementación de respuestas a una problemática común: cómo mejorar la experiencia general de los estudiantes en términos de la exaltación de elementos clave que identifican su contexto de aprendizaje.

El *u-learning* es una modalidad educativa que utiliza las capacidades de cómputo y comunicación de las TIC para utilizar el contexto del usuario y permitirle interactuar en el momento y lugar oportunos con contenido formativo y así potenciar estrategias educativas que se basan en la realidad del estudiante. Esto le permite colocar al estudiante al centro del modelo educativo, mejorando las capacidades de la educación formal. Así, se muestra valioso para expandir las tecnologías existentes en actividades cognitivas y comunicativas que puedan utilizarse en estrategias como el constructivismo (Peña-Azpiri & Escudero-Nahón, 2020).

Esta utilidad se hace evidente en momentos en los que es imperativo conectar con los estudiantes en su entorno, y actuar basándose en su contexto para entregarles experiencias significativas. Un ejemplo de este punto lo presentan El Guabassi et al. (2018), en el que modifican los contenidos educativos según el estilo de aprendizaje de cada estudiante, lo que puede marcar una gran diferencia entre mantenerse interesado en continuar la educación a distancia, o hacerla a un lado por sentirse ajeno a ella.

3.1 Conceptualización del *u-learning*

El *u-learning* ha vivido diferentes etapas según el avance tecnológico del momento.

Desde los primeros años del siglo XX, la línea tecnológica a seguir se trazó para aprovechar los avances inalámbricos del momento para crear ambientes ubicuos, y, en consecuencia, obtener ambientes de aprendizaje ricos en interacción que ofrecieran la posibilidad de diseñar actividades para el aprendizaje activo (Chang & Sheu, 2002). En su propuesta, mostraron que era posible utilizar los dispositivos inalámbricos para hacer que los estudiantes accedieran a contenidos educativos de internet, buscar conocimiento por palabras clave, comunicarse interactivamente con otros estudiantes o sus profesores, y hasta participar en un salón móvil, en cualquier momento y lugar, construyendo así, un ambiente ubicuo de aprendizaje.

Más adelante, Ogata y Yano (2004) introdujeron una definición de *u-learning* al comparar los niveles de movilidad e incrustación entre los aprendizajes: asistido por computadoras, *pervasivo*, móvil y ubicuo. En ella, observan como el aprendizaje asistido por computadora (en ese entonces) era fijo, tenía poca movilidad y poca incrustación en el ambiente; el aprendizaje móvil, incrementaba la capacidad del estudiante al acercarle el ambiente de aprendizaje, permitiéndole aprender en cualquier momento y lugar pero con contenidos poco interactivos; con el aprendizaje *pervasivo* el estudiante podía obtener información de los dispositivos incrustados en el ambiente, con mucha interacción pero localizada en un solo lugar; por su parte, el aprendizaje ubicuo hacía posible eliminar esas limitantes al conjuntar la movilidad y la interacción con dispositivos incrustados.

Por su parte, Dey Casey (2005, citado en Yahya et al., 2010) muestra una definición similar al proponer que el *u-learning* es la suma del *e-learning* más el *m-learning*, aunque para Jones et al. (citados en Yahya et al., 2010) la experiencia de aprendizaje para los estudiantes en un ambiente de *u-learning* debe ser

completamente inmersiva. Como una definición más amplia, Yahya et al. (2010), proponen al *u-learning* como un paradigma de aprendizaje que sucede en un entorno de cómputo ubicuo que permite aprender los temas adecuados, en el tiempo y lugares adecuados, de la manera adecuada.

Siguiendo esta serie de propuestas, se añadieron características tanto del aprendizaje en línea, como del aprendizaje móvil y el *pervasivo*. Así, se contemplan como propiedades del *u-learning* la inmediatez, accesibilidad, interactividad, consciencia del contexto, flexibilidad, escalabilidad, seguridad, ubicuidad diaria, portabilidad, funcionalidad, adaptabilidad al usuario, interoperabilidad, *aprendibilidad*, usabilidad e interconectividad (Moreno López et al., 2017; Yahya et al., 2010).

Más recientemente, Nicholas Burbules (2014) incorpora una serie de dimensiones interrelacionadas que le otorgan validez práctica al *u-learning*, dentro de las expectativas de la sociedad de la información y el conocimiento. El aporte de Burbules, continua las ideas de Yahya et al. (2010), al no simplemente considerar que la ubicuidad en el aprendizaje significa educar en cualquier momento y en cualquier lugar, sino es hacerlo de la manera adecuada. Y es esta forma adecuada de entregar enseñanza y promover aprendizaje, que Burbules retoma en el significado de la ubicuidad, que para que sea relevante y significativa dentro del contexto social del estudiante, esta debe definirse en los sentidos de espacialidad, portabilidad, interconectividad, practicidad, temporalidad y fluidez.

A partir de esta idea, la definición del concepto de *u-learning* en la literatura cambia según la perspectiva y campo de estudio del investigador, pero en general, se puede identificar que el aprendizaje ubicuo es una modalidad educativa que utiliza la proliferación y las capacidades de interacción, comunicación y cómputo de las TIC para utilizar el contexto del usuario y permitirle interactuar en el momento y lugar necesarios con contenido formativo significativo, y así potenciar estrategias educativas basadas en la realidad del estudiante.

3.2 Implementación del *u-learning*

La primera implementación de aprendizaje ubicuo publicada fue el desarrollo de Chang y Sheu (2002): diseño e implementación de un salón ad-hoc y sistemas de mochila electrónica para el aprendizaje ubicuo; en donde los autores crearon una forma de llevar los elementos del salón de clases fuera del aula. Para ellos, la idea de ubicuidad consistía en eliminar las restricciones de tiempo y lugar que se imponía en el aula, al ofrecer herramientas para alumnos y profesores para desarrollar las clases en cualquier otro lugar donde se decidiese implementar el salón de clases ad-hoc, sin embargo, las capacidades técnicas aún no eran suficientes para hacer del *u-learning* una realidad generalizada.

A partir de esto, otros trabajos de investigación incursionaron en el aprendizaje ubicuo, como el de los japoneses Hiroaki Ogata y Yoneo Yano (2004), que desarrollaron un par de sistemas complementarios de aprendizaje ubicuo. Por un lado, JAPELAS, un sistema asistido para el aprendizaje de expresiones educadas en japonés, y por el otro TANGO, un sistema de etiquetas electrónicas añadidas a objetos de aprendizaje. Ambos sistemas demostraron ser útiles y atractivos para los usuarios, ya que utilizaban el contexto situacional para adaptar el aprendizaje.

Actualmente, el avance en las TIC ha hecho posible recuperar la idea originalmente propuesta por el *u-learning*, y cuyo lugar, ha sido ocupado durante mucho tiempo por otros modelos de aprendizaje como el *m-learning*. Gracias a la aparición y popularización de dispositivos complejos como el smartphone, ha sido posible recuperar las propuestas del cómputo ubicuo aplicado al aprendizaje, e ir más allá de montar otros entornos de aprendizaje a distancia en un dispositivo móvil.

Hoy, esta modalidad educativa está ampliamente aumentada por tecnología, hace uso de elementos de cómputo embebidos en la cotidianidad, es consciente del

contexto del estudiante y, utiliza los anteriores preceptos para presentar contenido adecuado al usuario y promover situaciones reales de aprendizaje.

Para ejecutar una implementación de este modelo, se distinguen cinco elementos indispensables: el escenario de aprendizaje, el sistema de control central, la consciencia de la situación contextual, la interacción con el estudiante, y la estrategia educativa.

En estudios recientes, los escenarios de aprendizaje elegidos se distinguen por ubicarse en dos vertientes para su implementación: en ambientes cerrados, como laboratorios, bibliotecas y museos (Kong et al., 2017; Lin et al., 2018; Moreno López et al., 2017; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Valenzuela-Valdés et al., 2016), o en ambientes abiertos como parques, campus o poblaciones (Chin et al., 2015; Hsu et al., 2016; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015; Wen & Zhang, 2015; Zheng et al., 2018).

Los sistemas centrales de control de aprendizaje ubicuo son normalmente sustentados en aplicaciones cliente-servidor, a los cuales se accede mediante navegadores web tanto en computadoras de escritorio como móviles; estas pueden ser tantos desarrollos ex profeso como aplicaciones profesionales (Aparicio-Martínez et al., 2019; Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Chang & Yeh, 2014; Chin et al., 2015; de Sousa Monteiro et al., 2016; Hsu et al., 2016; Huang & Chiu, 2015; Hung et al., 2014; Kong et al., 2017; Moreno López et al., 2017; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015; Wen & Zhang, 2015; Wu et al., 2014). Otras formas de hacerlo involucran el uso de aplicaciones móviles, como las utilizadas por Zheng et al. (2018) y aplicaciones comerciales de uso masivo como la utilizada por Shih et al. (2015).

Respecto a la forma de obtener información contextual del estudiante, la mayoría de los investigadores utilizan las capacidades de sensado que los teléfonos inteligentes y tabletas digitales ofrecen de manera nativa, como la obtención de la ubicación del usuario por medio del sistema de posicionamiento global (GPS), y accesible fácilmente a los investigadores por los navegadores web (Aparicio-

Martínez et al., 2019; Chang & Yeh, 2014; Shih et al., 2015; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015), mientras que otros se refieren específicamente a la tecnología de *sensado*, ya sea la identificación por radiofrecuencia o RFID (Hsu et al., 2016; Huang & Chiu, 2015; Kong et al., 2017; Wen & Zhang, 2015; Wu et al., 2014), o el código de respuesta rápida, conocido por sus siglas QR (Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Chin et al., 2015; Hung et al., 2014; Moreno López et al., 2017). En mucho menor medida, se ha observado el uso de otros mecanismos para obtener el contexto del usuario, como la computadora, tanto fija como portátil (Valenzuela-Valdés et al., 2016), los dispositivos de red como los puntos de acceso inalámbrico (*hotspot*) (Zheng et al., 2018), computadoras usables (*wearables*) (de Sousa Monteiro et al., 2016), y televisores inteligentes (Moreno López et al., 2017).

La interacción con el usuario es consecuencia del punto anterior. En este caso se ha identificado que los investigadores usan al teléfono inteligente y otros dispositivos de cómputo equipados con pantallas, navegadores web y conexión a Internet, para entregar contenido multimedia –como texto en HTML o PDF, audio y video– y recibir información de los estudiantes vía los mecanismos habilitados por el uso de la Web 2.0 (Aparicio-Martínez et al., 2019; Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Chang & Yeh, 2014; Chin et al., 2015; Hsu et al., 2016; Hung et al., 2014; Kong et al., 2017; Shih et al., 2015; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015; Wen & Zhang, 2015; Wu et al., 2014; Zheng et al., 2018). Aunque también se utilizan equipos de cómputo, tanto fijos como móviles, para que el estudiante reciba el material (Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Valenzuela-Valdés et al., 2016). Además, se ha visto que, en menor medida, las implementaciones de este modelo usan otros formatos unidireccionales, como los mensajes cortos de texto (SMS) y los videos.

3.3 Teorías de aprendizaje utilizadas

Un elemento clave para la implementación de esta modalidad es la estrategia educativa elegida. Aunque casi siempre, el diseño pedagógico se realiza de manera centralizada en la institución donde se lleva a cabo la puesta en marcha del proyecto, el *u-learning* se ha desarrollado con características como la consciencia de contexto, que lo hacen muy útil para teorías como el aprendizaje situado (Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019), y aunado a la interacción que ofrece, lo hacen ideal para el aprendizaje significativo y para el aprendizaje auténtico (Huang & Chiu, 2015; Hung et al., 2014; Wu et al., 2014). También, su naturaleza aplicada ha observado ser eficaz para el TELD (*teaching by example and learning by doing*), enseñar con ejemplos y aprender haciendo (Kong et al., 2017) y para colocar a los aprendices en el rol de diseñadores (*learners as designers*), LaD (Tsai et al., 2020).

Por otra parte, se aprovechan las características prácticas de la flexibilidad temporal y espacial de esta modalidad para permitir que sea el estudiante mismo quien toma decisiones acerca de su estudio, habilitando la aplicación del SDL (*self directed learning*), aprendizaje auto dirigido (Zheng et al., 2018), y del SRL (*self regulated learning*), aprendizaje autorregulado (Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Hwang et al., 2020; Lin et al., 2020).

3.4 Aceptación e impacto del *u-learning*

La aceptación institucional hacia el *u-learning* es importante para que siga siendo un tema relevante, por lo que el análisis de cómo impacta en estudiantes y profesores es fundamental. Por ejemplo, en el estudio de Hu Xiao (2019), observamos cómo se analiza cuantitativamente este impacto, al aplicar una encuesta a 356 estudiantes universitarios para medir factores de adopción, demostrando que los factores sociales del acercamiento tecnológico son mucho más importantes para los estudiantes, que cuestiones como la actitud o la imposición institucional.

En un proceso similar, Leo Ma y Ling Ling Yu (2019), implementan experimentalmente un sistema ubicuo para entregar en tiempo real instrucción a estudiantes universitarios, encontrando por un estudio cualitativo, que tanto los participantes de pregrado como los de postgrado, mostraron adaptarse fácilmente al entorno ubicuo a través de sus móviles.

En contraste, Wen & Zhang (2015) muestran que, a pesar de mejorar su rendimiento al usar el sistema, algunos estudiantes sienten dudas en el uso de teléfonos inteligentes, preocupados por la gran cantidad de distractores que estos ofrecen. De forma parecida, De Sousa Monteiro et al. (2016) identifican que los estudiantes, acostumbrados a utilizar sus dispositivos inteligentes para el ocio, se muestran reacios a compartir su ubicación con una figura de autoridad; en este estudio, fueron los profesores quienes mostraron mayor aceptación del sistema. En ese sentido, para Vázquez-Cano y Calvo-Gutiérrez (2015), tanto estudiantes como profesores reciben bien el uso de smartphones en sus actividades, aunque los segundos identifican barreras de preparación y orientación en el uso de estos dispositivos con fines educativos. Chin et al. (2015) encuentran un resultado similar al identificar que, si bien había amplia confianza, interés y expectativa en el desempeño del sistema, los profesores esperaban poco de las condiciones de facilitación que la institución pudiese ofrecerles.

La aceptación se puede medir por distintos métodos, Chin et al. (2015) hacen uso de la teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología, UTAUT (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*) (Venkatesh et al., 2003), De Sousa Monteiro et al. (2016) utilizan el modelo de *engagement* de Green (2004), Lin et al. (2018) aplican el TAM (*Technology Acceptance Model*) (Davis, 1985), Aparicio Martínez et al. (2019) la evalúan con el método CIPP (*Context, Input, Process, and Product evaluation*) (Stufflebeam, 2003), mientras que otros deciden elaborar sus propios instrumentos, para entrevistar y medir la satisfacción de los participantes.

Por otra parte, el impacto se ha observado en ejercicios empíricos y en su mayoría reflejan que el desempeño escolar de los estudiantes al usar sistemas de *u-*

learning, es mucho mejor que cuando no se usa, especialmente al usar el smartphone, ya que más del 90% de los estudiantes los utiliza en su día a día y están acostumbrados a valerse de él (de Sousa Monteiro et al., 2016).

Aun así, existen oportunidades interesantes, como la que encuentran Huang y Chiu (2015), que muestran que los mejores resultados aparecen sólo en estudiantes de bajo rendimiento, mientras que para los de alto rendimiento, el sistema no tiene un efecto aparente. Similarmente, Hsu et al. (2016) reportan que, en su investigación, el grupo experimental efectivamente obtuvo mejores resultados, pero solamente en los primeros 30 minutos de la actividad, después, el rendimiento se iguala con el del grupo de control. Aún más, Cárdenas y Peña (2019) encuentran que, tras utilizar su sistema, el grupo experimental tiene una mayor carga cognitiva, por lo que, al principio, no se observa un mejor rendimiento que el grupo de control, sin embargo, su expectativa de crecimiento es mayor a la del grupo de control, que tiende a tener un crecimiento mínimo.

4 Fundamentación teórica

Esta investigación se enfoca en el diseño de un modelo de *u-learning* que pueda utilizarse de manera general en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Así, es necesario plantear algunos parámetros que sirvan de eje sobre los cuales se apoya la estructura de la propuesta.

4.1 El constructivismo en la era digital

Hasta la fecha, en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla se utiliza el Modelo Universitario Minerva, que tiene como base a una de las teorías que se ha vuelto tendencia en el mundo educativo de América Latina, el constructivismo (Chadwick, 2001). La idea principal de su incorporación en la vida académica universitaria es promover que cada uno de los estudiantes se construya a sí mismo a través de las interacciones que tiene con sus docentes, compañeros estudiantes y contenidos educativos, formando relaciones en el marco social y cultural que provee la Universidad como máxima casa de estudios del estado de Puebla.

Este triángulo pedagógico representa la puesta en marcha coherente de la práctica educativa universitaria (Latorre, 2010), y se desarrolla de manera personal por cada estudiante, de modo en que, al aprender, no se intenta copiar la realidad, sino experimentarla y construirse basándose en su propia percepción; el aprendizaje no es simple transmisión y acumulación de datos, sino un proceso activo de interpretación de la experiencia.

Al rechazar las secuencias lineales de instrucción y proponer un aprendizaje situado y aumentado en contextos auténticos (Palincsar y Kenk, 1993, citados en Chadwick, 2001), se cambia el foco de relevancia, del resultado del aprendizaje al proceso de adquisición de conocimiento.

En este sentido, si bien el constructivismo se fundamenta en teorías clásicas como la teoría genética de Piaget, la teoría de orden sociocultural de los procesos psicológicos superiores de Vygotski, la teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel, la teoría de asimilación de Mayer, las teorías de esquemas del equipo de Anderson y la teoría de elaboración de Merrill y Reigeluth; también enfatiza la relevancia del contexto social con el que interactúa el estudiante, que, en esta época completamente digital, está definido casi en su mayoría por un amplio ecosistema tecnológico, tanto educativo como social.

Esto ocupa a la ciencia educativa moderna a equilibrar y coordinar la interactividad de los actores educativos, en el entendido de que al análisis de su funcionamiento responde a identificar al proceso instruccional en un sentido molecular, articulado en un todo significativo (Serrano González-Tejero & Pons Parra, 2008) de manera en que los estudiantes puedan asimilar la cultura de forma subjetiva para poder desarrollarse, los docentes puedan ayudar a sus estudiantes a interpretar la realidad ante situaciones nuevas y cambiantes (Latorre, 2010), y los contenidos educativos observen el carácter dinámico y volátil de la información actual, basándose en la naturaleza casi completamente tecnológica de la cultura y las actividades humanas en el siglo XXI.

Así, la enseñanza y aprendizaje se han adaptado ya a la incorporación de las TIC en la vida diaria a modo de ser un proceso mediado por tecnología, al grado que la virtualidad es una herramienta casi forzosa en muchos niveles educativos (Pedroza Rojas & Crespo Alvarado, 2017), y en especial en el nivel superior (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020), por lo que, en este entorno tecnológico, el papel fundamental recae en el diseñador de la instrucción, quien debe orientar los objetivos de aprendizaje a los puntos fuertes del constructivismo, al colocar al estudiante como centro del proceso y moldear la interactividad (funcionamiento) entre los sujetos a las políticas institucionales, utilizando los elementos idóneos presentes en la tecnología a su alcance; en este sentido, el trabajo del diseñador no termina en el aspecto pedagógico, sino que se adentra

también en el ámbito tecnológico, con lo que toma así el ‘apellido’ tecnopedagógico, y busca una vez más el equilibrio, pero ahora en una dimensión añadida al triángulo interactivo: “La pedagogía y la tecnología deben caminar al unísono, pero toda decisión tecnológica debe fundamentarse y derivarse de un enfoque pedagógico consciente” (Lorenzo-Lledó, 2018, p. 125).

4.2 U-learning

El cómputo ubicuo es indiscutiblemente el concepto fundamental que dio pie al *u-learning*. De modo que, en un sentido práctico, el *u-learning* es el aprendizaje que ocurre con tecnología de cómputo ubicuo (Yahya et al., 2010).

El concepto de *u-learning*, al provenir de un área de las ciencias naturales que se utilizó para aumentar un tema de las ciencias sociales, es sujeto de debate entre investigadores, sin embargo, de manera general, se comparte la idea de que esta modalidad educativa trata el conjunto de actividades formativas apoyadas por tecnología ubicua, que son accesibles por cualquier dispositivo, y de la forma, en el momento y lugar adecuados para optimizar el aprendizaje (E. Fernández, 2010; Peña-Azpiri & Escudero-Nahón, 2020; Yahya et al., 2010).

Parte del debate se encuentra en la categorización de esta modalidad que, por su naturaleza, se puede tipificar como una vertiente del aprendizaje electrónico, sin embargo, con el crecimiento de las capacidades tecnológicas observadas en las aplicaciones de este modelo de aprendizaje, también se le ubica como parte del aprendizaje en línea (Hidalgo et al., 2015). De manera similar, se puede colocar dentro de la caracterización de la educación no presencial, pues su finalidad histórica es trascender las barreras del aula (Gioconda et al., 2019), no obstante, al entender a la ubicuidad como mecanismo para estar presente en donde sea necesario, su aplicación dentro de un ambiente institucionalizado como un salón de clases o un laboratorio, no está exenta. Con esto, el aprendizaje ubicuo se

coloca como un estilo que puede estar presente en las modalidades educativas presenciales, no presenciales y semipresenciales.

En este sentido, es posible también ubicar al aprendizaje ubicuo según su categorización semántica, cuya línea más frecuente se desarrolla sobre el significado de la ubicuidad relacionado con la accesibilidad del sistema de aprendizaje, en donde las tecnologías de la información y comunicaciones son el medio para diversificar y maximizar la oferta electrónica del material formativo.

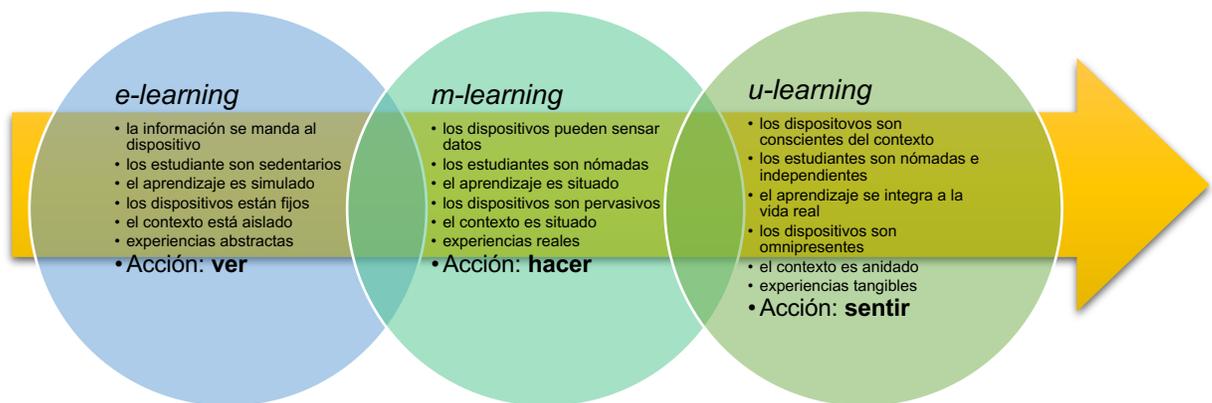
El *u-learning*, tiene una innegable base tecnológica, sin embargo, su fortaleza reside en su interdisciplinariedad. Al ser una evolución natural del cómputo ubicuo aplicado a las TE, las aumenta con las capacidades de las TIC y crea un ambiente de aprendizaje donde el estudiante está totalmente inmerso y no sólo adquiere conocimiento, sino que también lo comparte con sus compañeros (Carmona & Puertas, 2012). En este sentido el *u-learning* conjunta las tecnologías de información con las educativas, en la búsqueda por convertir a las actividades de aprendizaje en algo natural, donde la interacción con la tecnología sea casi transparente para el discente.

Un sistema de aprendizaje ubicuo apoya a los estudiantes a través de computadoras invisibles y embebidas en su vida diaria. Tales ambientes permiten a los estudiantes aprender en cualquier momento y en cualquier lugar, alentándolos a un aprendizaje más experimental, como aprender al hacer, interactuar y compartir, y facilita el aprendizaje bajo demanda, de manos a la obra, de mente a la obra y el aprendizaje auténtico (Graf y Kinshuk, 2008 citados en Ma & Yu, 2019).

Como una innovación en la TE, el *u-learning* basa su aceptación por el ambiente educativo en el *e-learning*, ya que la formación en línea establece el precedente adecuado de llevar la educación tradicional a los ambientes electrónicos. Muchas veces se ve como la simple evolución del *e-learning* con relación a la migración de los equipos de cómputo de escritorio, a los móviles (*mobile learning*). Sin embargo, Eva Fernández (2010) encuentra como esta visión es sumamente corta,

ya que el *u-learning* va más allá, al ser un nuevo escenario que potencia el conocimiento libre y compartido mediante herramientas de integración de recursos de creación y consumo de multimedia, que permite la formación en cualquier momento y desde cualquier lugar. Es una adaptación del proceso del aprendizaje perfecto, que debe ser capaz de utilizar las TIC, tanto desde las necesidades del aprendiz, como de las capacidades que ofrecen las nuevas tecnologías, para facilitar acciones didácticas en las que “...los alumnos puedan leer, oír, ver, decir y hacer, [...] que posibilite practicar y aprender de la experiencia, enfrentarse a situaciones semejantes a las que se encontraría en la vida real y tomar decisiones evaluando resultados y conocimientos adquiridos” (E. Fernández, 2010, p. 32). En la Figura 1 se muestra la evolución del *u-learning* a partir de otras modalidades.

Figura 1
Evolución del u-learning



Nota. Basado en Bozkurt (2016).

4.2.1 Características del *u-learning*

De acuerdo con Lola Carmona y Francisco Puertas (2012), el *u-learning* tiene los siguientes elementos observables en toda implementación.

- Accesible: todos los contenidos formativos están virtualizados y accesibles en todo momento y desde cualquier dispositivo.

- Permanente: todas las actividades formativas en las que participan los alumnos quedan recogidas y almacenadas para futuras consultas en su proceso de aprendizaje.
- Colaborativo: los participantes pueden comunicarse, relacionarse y aprender con compañeros, formadores y expertos de manera síncrona y asíncrona.
- Continuado: la actividad de aprender forma parte de la vida del individuo creándose un hábito de aprendizaje continuado en el tiempo.
- Natural: la interacción diaria con la tecnología ha generado una manera natural de aprender siendo casi transparente e invisible para el alumno.

Además, Yahya et al, (2010) proponen características comunes que deben de buscarse al diseñar un ambiente de aprendizaje ubicuo.

- Permanencia: la información sigue presente a menos que el estudiante la borre a propósito.
- Accesibilidad: la información está disponible para cuando el estudiante la necesite.
- Inmediatez: el estudiante puede acceder a la información de manera inmediata.
- Interactividad: los estudiantes pueden interactuar entre ellos, con profesores y expertos de manera eficiente por diferentes medios.
- Consciencia del contexto: el ambiente se puede adaptar a la situación real del estudiante para proveer información adecuada.

Por otra parte, de acuerdo con Nicholas Burbules (2014), el *u-learning* se torna más relevante para la sociedad de la información cuando se enfoca en atender la aumentación del aprendizaje en seis dimensiones de la ubicuidad.

- Sentido espacial: presente en cualquier lugar; acceso continuo a la información; la distinción entre educación formal y no formal se hace difusa sin una restricción física de dónde aprender.
- Portabilidad: uso de computadoras y dispositivos portátiles que los estudiantes siempre traen consigo.
- Interconexión: inteligencia extensible; procesamiento tecnológico colaborativo; inteligencia en red.
- Practicidad: fin de los ámbitos de vida separados como trabajo/juego, aprendizaje/entretenimiento o acceso/creación de información; aprendizaje como actividad humana arraigada a contextos sociales e institucionales.
- Temporalidad: en cualquier momento; sentido de tiempo desplazado; ajuste de los tiempos de las actividades a los hábitos y preferencias propias; aprendizaje permanente.
- Redes y flujos globalizados: la condición personal se sitúa en un conjunto de relaciones y contingencias que afectan y son afectados por procesos globales; reconocer las interacciones básicas entre personas, lugares y procesos dispares y cómo estas afectan las decisiones.

4.2.2 El contexto en el *u-learning*

Como lo señala el Profesor Alan Dix (2004), los datos utilizados como entrada para las inferencias que realiza un sistema ubicuo son difusos, probabilísticos e inciertos, lo que hace que la alimentación de los sensores de contexto sea una actividad imperfecta. Esto obliga a que las aplicaciones conscientes del contexto sigan los principios de inteligencia apropiada, que indican que la aplicación debe actuar de manera correcta tan frecuente como sea posible y útil cuando actúe con predicciones correctas, y no causar grandes problemas en el evento de actuar bajo una predicción errónea.

Bajo este esquema, la obtención de datos de sensado no es sencilla, sin embargo, en la última década ha habido un aumento considerable en el desarrollo de este tema de la mano de los *smartphones*, tabletas inteligentes, y otros dispositivos inteligentes conectados a internet. En palabras de Eric Schmidt (Google, 2010), quien fue director de Google hasta el 2011, lo primero es el móvil. Hoy, un teléfono inteligente de gama media cuenta con una gran cantidad de sensores, conectividad y poder de cómputo que hacen palidecer los elementos tecnológicos que llevaron al Apolo 11 a la Luna (Norris, 2019).

4.2.3 Aplicación del *u-learning*

El *u-learning* se vincula íntimamente con dos mundos, el tecnológico y el del aprendizaje. En el mundo tecnológico, este modelo de aprendizaje está intrínsecamente relacionado con las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y con el cómputo ubicuo, en el sentido en que las TIC le otorgan la capacidad de fluir en la sociedad de la información y el conocimiento, y el cómputo ubicuo le permite permear el tejido de la vida cotidiana e interactuar en múltiples frentes con el estudiante. En lo que respecta al mundo educativo, esta modalidad de aprendizaje habilita la aplicación de teorías pedagógicas basadas en el constructivismo como el aprendizaje situado y el aprendizaje auténtico, ya que, al acercar el contexto del estudiante al investigador, le es posible diseñar estrategias para poder ofrecer contenido personalizado y retroalimentación inmediata, con lo que añade el elemento pragmático de utilizar la realidad del estudiante para mejorar su aprendizaje.

De este modo, el *u-learning* permite enriquecer el proceso educativo con tecnología de información inteligente, consciente del contexto del usuario, que funciona sin restricciones espaciales o temporales y provee al estudiante del contenido educativo adecuado cuando lo necesita. Si bien, a lo largo de la evolución de esta teoría la ubicuidad transitó hacia la mejora de la accesibilidad de contenidos educativos, las mejoras tecnológicas han instrumentado la

recuperación del concepto original ideado como aplicación del cómputo ubicuo, con un sentido auténtico y práctico para hacer posible la personalización del proceso de enseñanza aprendizaje centrando los contenidos educativos en el usuario gracias a la consciencia del contexto de los sistemas, y la cada vez más rápida conectividad que hace posible el uso de material didáctico en tiempo real.

Con la incorporación del *smartphone* como un elemento indispensable para las personas, especialmente entre los jóvenes que siempre han tenido al internet, a las computadoras y a los teléfonos celulares como parte de su vida (Escofet et al., 2014), se simplifica estructuralmente la implementación de los entornos ubicuos de interacción, ya que los elementos de *hardware* necesarios para producir información contextual a partir de datos *sensados* están tan incorporados en el móvil de cada uno de los estudiantes de nivel superior que no salen de casa sin él (Twenge, 2018), además de que, cada vez existen más dispositivos inteligentes inmersos en su entorno. En este sentido, el *u-learning* trasciende a la idea de quitar las barreras espaciales y temporales, hacia un sentido más auténtico y pragmático en donde puede llevar el aprendizaje a todas partes de la manera adecuada.

4.2.4 Implementación del *u-learning*

Debido a que el aprendizaje ubicuo tiene raíces tanto de las ciencias sociales como de las naturales, su implementación no es sencilla, y sigue pautas de diversas dimensiones. En este sentido, basándonos en las propuestas de Yahya et al. (2010) y Burbules (2014), identificamos cinco elementos indispensables para alcanzar los rasgos distintivos de la ubicuidad en el aprendizaje (Tabla 1): el escenario de aprendizaje, la estrategia educativa, el sistema de control central, la consciencia de la situación del usuario y la interacción con el usuario (Peña-Azpiri & Escudero-Nahón, 2020).

Tabla 1
Elementos de implementación del u-learning

Elemento	Descripción
Escenario de aprendizaje	La implementación se debe enfocar en el escenario elegido, especificando el lugar y la forma en que se pretende llevar a cabo el proceso educativo.
Estrategia educativa	Se debe elegir el enfoque pedagógico, momentos y tipos de actividades que se utilizarán en la implementación
Sistema de control central	Elegir el sistema de cómputo que coordinará el funcionamiento general del sistema de enseñanza-aprendizaje mediado por tecnología según la estrategia educativa elegida.
Consciencia de la situación del usuario	Según el sistema de control y la estrategia educativa, es necesario encontrar los mecanismos tecnológicos para obtener información del contexto del estudiante.
Interacción con el usuario	Se requiere identificar herramientas tecnológicas compatibles con los puntos anteriores, para intercambiar información entre el sistema de control y el usuario, adecuando la entrega del material formativo según la estrategia educativa en el sistema de control y la situación contextual del estudiante.

En su implementación, es necesario tener en cuenta algunos criterios que guíen el diseño.

Primero se debe considerar la diversificación del acceso al sistema de aprendizaje. Esto implica remover las ataduras institucionales a la enseñanza como el aula y el discurso unidireccional, y colocar el material formativo en una plataforma disponible en todos lados y en cualquier momento, de manera síncrona y asíncrona, que promueva el acceso continuo al contenido.

Otro aspecto importante es mantener la naturaleza electrónica del modelo y así aumentar el proceso educativo a través de las TIC, lo que mejora los procesos de interconexión. En el mismo sentido, se debe aprovechar la inmersión tecnológica

existente en el entorno de los estudiantes, es decir, utilizar los dispositivos de cómputo embebidos, como elementos de interacción con el escenario de aprendizaje elegido.

Entonces, esto permitirá detectar la situación en la que se encuentra el usuario, obtener su contexto y hacerlo disponible para su aprovechamiento por el sistema de control, con lo que es posible adaptar el contenido formativo y entregarlo de la manera elegida.

Finalmente, se debe de cuidar que la experiencia de aprendizaje diseñada mantenga un fin práctico para el estudiante, que promueva la colaboración e interacción con sus pares y profesores, la solución de problemas, la experimentación de actividades situadas y demás mecanismos definidos en la estrategia pedagógica.

4.3 Aceptación tecnológica

La investigación en educación mediada por tecnología es un campo con muchas propuestas que, como el *u-learning*, se muestran valiosas para mejorar el proceso educativo, aunque para poder ser en verdad utilizadas, deben de contar con la aceptación de la sociedad en que se introducen.

Las computadoras y los sistemas de información son ya parte de la vida cotidiana, aún más, según Internet World Stats (2019) la penetración de Internet, y las aplicaciones que deben ser usadas para poder acceder a él, es de más del 56%. Eso quiere decir que más de 4.3 billones de personas tienen acceso a sistemas de información que, de alguna forma, involucran un contexto tecnológico. Esto nos dice que las TIC han alcanzado un grado de madurez que permite que una buena parte de la población base sus actividades en ellas, lo cual no hubiese sido posible sin la aceptación de dichas tecnologías hasta su uso normalizado.

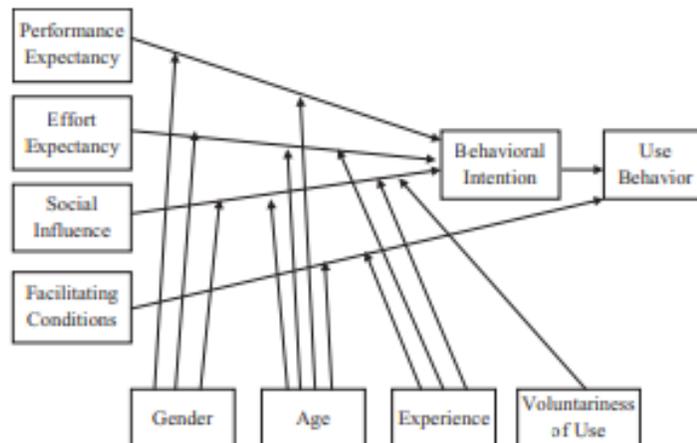
A razón de un modelo teórico, se propuso la UTAUT, Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología (Venkatesh et al., 2003), donde se muestra

que la expectativa de desempeño, expectativa de esfuerzo, influencia social y condiciones facilitadoras, son elementos determinantes de la adopción del sistema por el usuario.

Este modelo (Figura 2), se compila de otras teorías similares, las cuales integra en un modelo unificado con cuatro factores que influyen el uso tecnológico (Tan, 2013).

- Expectativa de desempeño: se refiere al grado en que un individuo cree que usar el sistema le ayudará a mejorar su rendimiento en el trabajo.
- Expectativa de esfuerzo: se refiere al grado de facilidad asociada con el uso del sistema.
- Influencia social: se refiere al grado en el que un individuo percibe que personas que considera importantes creen que debería usar el sistema.
- Condiciones facilitadoras: se refiere al grado en el que un individuo cree que existe infraestructura organizacional y técnica para apoyarle en el uso del sistema (Tan, 2013; Venkatesh et al., 2003).

Figura 2
Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología



Nota. Tomado de Venkatesh, Morris, Davis & Davis (2003).

Esta teoría ha sido ampliamente utilizada en investigaciones de todo el mundo para explicar la aceptación individual y decisiones de uso en distintos tipos de organizaciones (Venkatesh et al., 2012), y se muestra útil para observar la adopción tecnológica de sistemas de información. Una segunda versión de esta teoría contempla dimensiones como la motivación hedonista, costo valor y hábito. Esta segunda versión de la UTAUT (Venkatesh et al., 2012) permite medir características aspiracionales presentes en los jóvenes estudiantes de la actualidad.

5 Planteamiento teórico

Los beneficios de acercar el cómputo ubicuo al aprendizaje pueden ser, como se ha mostrado, amplios, aunque para alcanzar su potencial, es necesario adecuar las condiciones de implementación a las necesidades particulares de la institución donde se plantea el proyecto, y a las necesidades de los estudiantes y demás usuarios de tal institución. De este modo, observamos que es posible facilitar el aprendizaje en los alumnos si utilizamos al aprendizaje ubicuo para potenciar su experiencia educativa general.

Esto nos representa un problema complejo, que involucra un contexto de intervención que demanda pragmatismo para colaborar de forma intensiva entre investigadores, expertos y sujetos investigados, y así integrar principios de diseño con potencialidades tecnológicas para proporcionar soluciones al problema que puedan implementarse adecuadamente para poder transformar la realidad educativa de la institución.

Así, una aproximación interesante para enfrentar el problema es la investigación basada en diseño (IBD), la cual, según diversos autores (Brown, 1992; Collins, 1992; y Reeves, Herrington & Oliver, 2002, citados en De Benito & Salinas, 2016), nos dirige a obtener una solución centrada y adecuada al sujeto de la investigación bajo las características que describimos anteriormente. Además, tiene la particularidad de ser flexible, por lo que nos permite utilizar un marco metodológico mixto, y así trabajar de manera concurrente tanto una hipótesis para la parte cuantitativa, como supuestos que se reflejan en preguntas de investigación para guiar el proceso cualitativo.

5.1 Hipótesis

Al utilizar un modelo de educación basado en *u-learning*, se mejorarán los resultados del aprendizaje de los estudiantes de la materia Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

5.2 Premisa

El *u-learning*, impacta positivamente al aprendizaje de los estudiantes de la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,

5.2.1 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son los elementos fundamentales que componen un modelo de educación basado en *u-learning* que permiten maximizar su aplicación en una materia de nuevo ingreso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla?
2. ¿Cómo aplicar el *u-learning* al contexto de la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla?
3. ¿Cómo impacta utilizar el *u-learning* al desempeño de los estudiantes de la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla?

6 Objetivos

6.1 Objetivo general

Diseñar un modelo de *u-learning* para facilitar el aprendizaje de la materia de Formación Humana y Social para los estudiantes de nuevo ingreso al nivel superior de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

6.2 Objetivos específicos

1. Identificar los elementos fundamentales de los modelos educativos basados en *u-learning* para minimizar los impedimentos al implementarse en la impartición de la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
2. Proponer un modelo de *u-learning*, para mejorar el desempeño escolar de estudiantes de la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
3. Aplicar el modelo de *u-learning* en la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, utilizando la investigación basada en diseño.
4. Analizar cuantitativa y cualitativamente, el impacto de la aplicación del modelo de educación basado en *u-learning* en los estudiantes de la materia de Formación Humana y Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

7 Método

Esta investigación está delimitada, por un lado, de manera natural por la característica profesionalizante del programa de Doctorado en Innovación en Tecnología Educativa de la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, y por el otro, en la participación del autor como docente, investigador y trabajador del área de cómputo y TIC de la BUAP.

Para alcanzar los objetivos definidos, en este trabajo de investigación se utilizó la Investigación Basada en Diseño, que es un planteamiento metodológico que se ha utilizado en años recientes de manera novedosa en la investigación educativa, ya que permite ocuparse en problemas reales que se identifican a partir de la práctica por los profesionales involucrados (de Benito & Salinas, 2016).

Entonces, a lo largo del periodo de intervención doctoral, se iteró en ciclos evolutivos basados en las fases de Reeves (citado en de Benito & Salinas, 2016) que dividen el desarrollo de la investigación en:

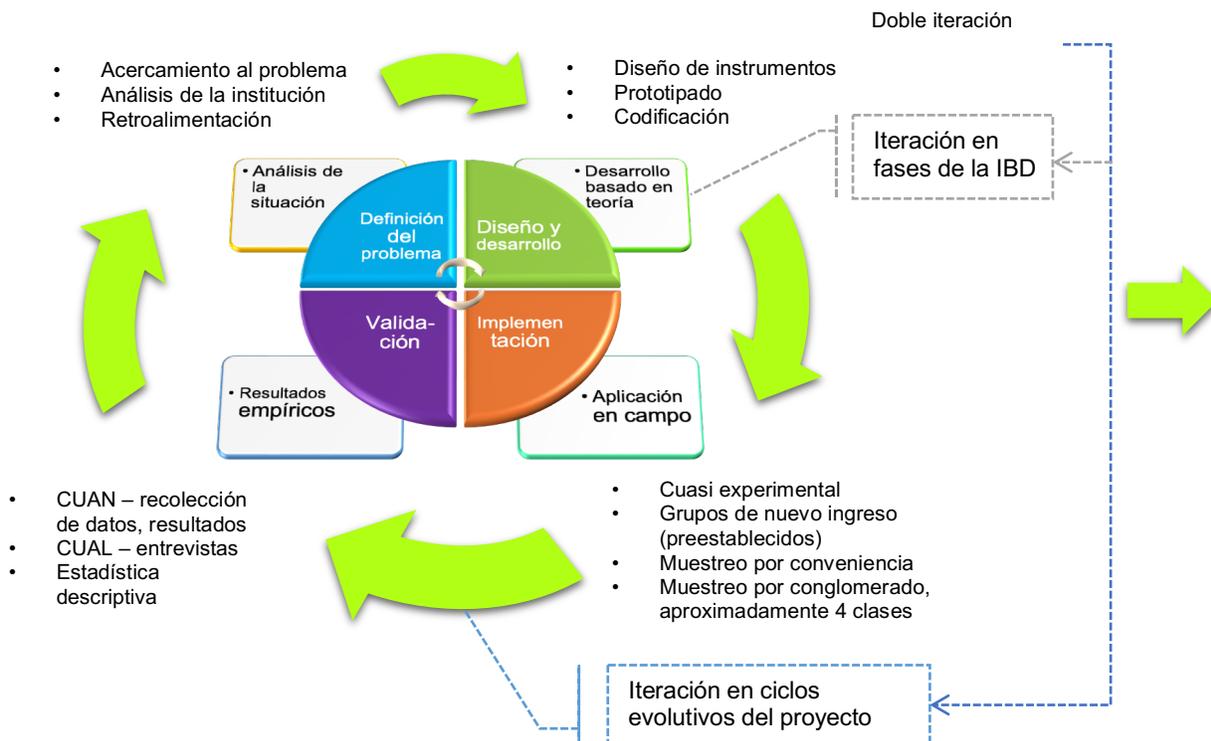
- el análisis de la situación –definición del problema–,
- el desarrollo de soluciones según la fundamentación teórica,
- la implementación,
- la validación y,
- la producción de documentación y principios de diseño.

Por lo que, al adaptar esta estrategia a nuestros objetivos, se hizo posible diseñar y aplicar un modelo de *u-learning* en la materia de Formación Humana y Social de la BUAP, en donde un equipo de trabajo formado por profesores, estudiantes y expertos colaboraron en la investigación para desarrollar un prototipo especializado, cada vez más cercano a las necesidades de la institución. La característica participativa de la IBD se centra en que “el sistema de trabajo es básicamente colaborativo, tanto entre el equipo de investigadores, como entre

estos y los expertos externos, en su caso” (de Benito & Salinas, 2016, p. 50), lo que permitió un desarrollo fluido que fue mejorando hasta obtener resultados interesantes.

Por otra parte, dentro del proceso evolutivo del proyecto, se buscó revelar los indicadores en cuestión con instrumentos de carácter comprensivo a través de una investigación mixta que, de acuerdo con Hernández Sampieri (2014), es una disciplina relativamente nueva en la ciencia, tan flexible que permite usar concurrentemente diversos procesos cuantitativos y cualitativos en una postura pragmática. Esta estrategia se puede observar en la Figura 3, que presenta el esquema general del método de esta investigación.

Figura 3
Esquema del método de la investigación



Nota. Adaptado de De Benito & Salinas (2016, p. 49).

Así, durante las iteraciones, para analizar el uso de los elementos de la propuesta se realizaron controles cuantitativos a manera de encuestas, y un estudio cuasi experimental para medir la mejora en el aprendizaje de los estudiantes que participaron en la investigación, además de utilizar cuestionarios basados en la UTAUT (Venkatesh et al., 2003) para conocer el grado de aceptación de los usuarios en diversas etapas de la propuesta.

Mientras tanto, de forma concurrente, se hicieron entrevistas no estructuradas y semi estructuradas a expertos en tecnología y en el esquema pedagógico e institucional de la BUAP, que de manera cualitativa nos permitieron documentar la percepción del proceso y del impacto de la aplicación del modelo de *u-learning*. De este modo, nuestra investigación se realizó en un esquema de modelo mixto CUAN + CUAL, que ha probado ser útil en proyectos similares, como los de Johnson y Onwuegbuzie en 2004 y Onwuegbuzie y Leech en 2006 (citados en Pereira, 2011).

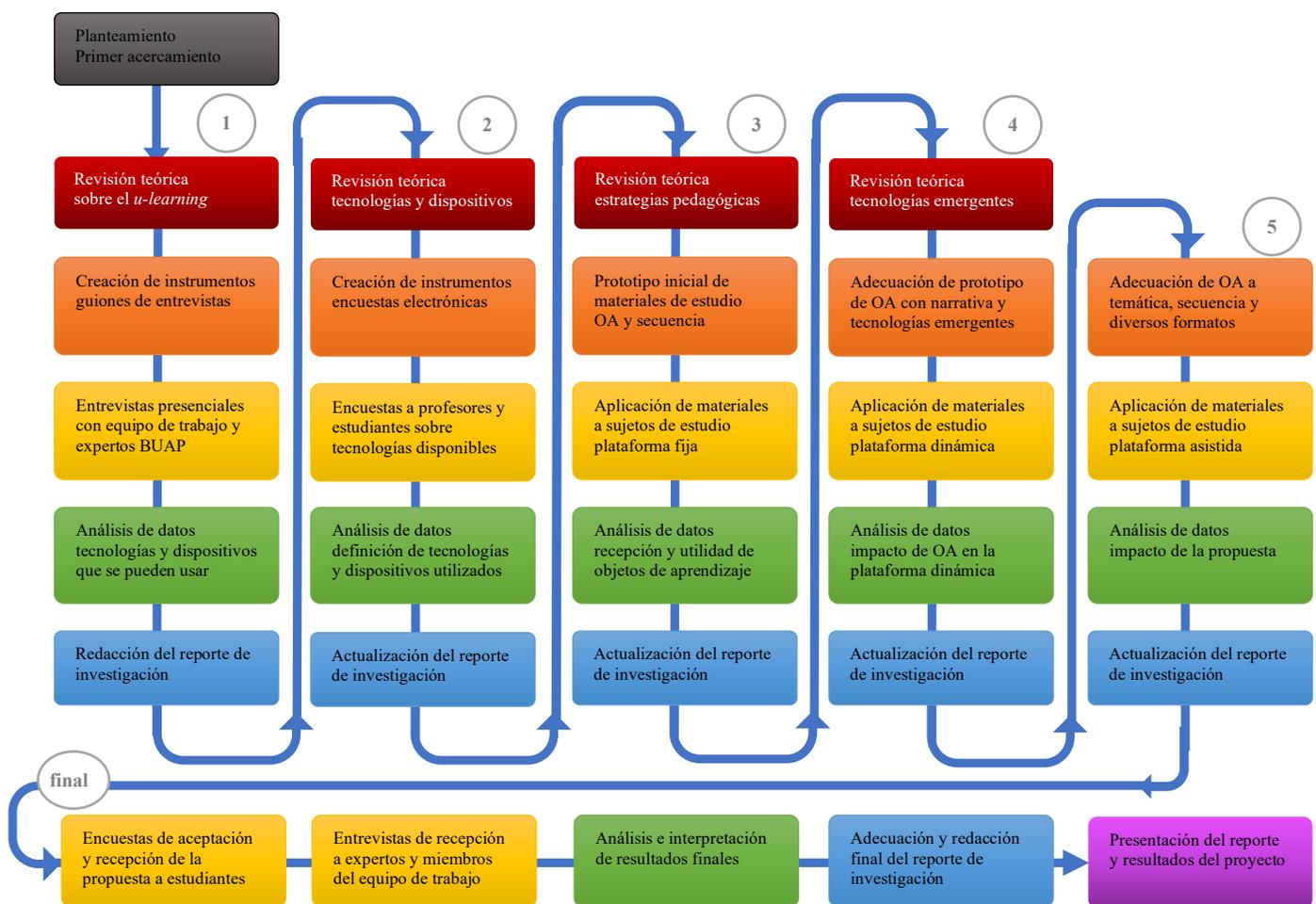
Finalmente, los datos recolectados se trataron, analizaron e interpretaron mediante una triangulación concurrente, utilizando tanto la fundamentación teórica, como los resultados estadísticos cuantitativos y la información cualitativa obtenida, apoyados por la observación participante del investigador principal (R. Hernández et al., 2014).

7.1 Estrategia de desarrollo

La investigación se desarrolló, como se describió anteriormente, en un esquema evolutivo a través de iteraciones en las que se siguieron las etapas de la Investigación Basada en Diseño, de tal modo que, como se muestra en la Figura 4, durante cada ciclo se recopiló y añadió nueva información de diferentes fuentes para mejorar la propuesta de solución mientras se obtenía información valiosa para el alcance de los objetivos y las etapas del proyecto doctoral.

Durante los primeros ciclos se recopiló información como parte de la línea base sobre la cual se inició la intervención. Una vez obtenida, se utilizó para realizar las primeras propuestas que después se modificaron gracias a la prueba y retroalimentación de profesores miembros del equipo de trabajo. En el último ciclo se realizó el experimento con los elementos desarrollados en iteraciones anteriores, cuyos resultados se analizan en la etapa final de la intervención.

Figura 4
Proceso iterativo de la investigación



7.2 Esquema del experimento

La medición de la implementación se realizó con un diseño cuasi experimental con medición previa, posterior y con grupo de control. En la Tabla 2, se muestra como la división de los grupos, donde a uno de ellos se le utilizó como experimental (G_1), al cual se le aplicó el modelo de aprendizaje ubicuo (X_1); al otro grupo se le aplicó el material educativo en línea, sin la personalización del modelo de aprendizaje ubicuo para servir como grupo de control (G_2). Las instrucciones de aplicación se les hicieron llegar a los estudiantes de ambos grupos a través de mensajes de texto y un correo electrónico de sus profesores respectivos, y se les dio un tiempo fijo para completar las actividades del curso. A cada grupo, se le realizó un pre-test (O_1 y O_2) y un post-test (O_3 y O_4) para medir su avance.

Tabla 2
Esquema del experimento

	t_1	t_3	t_4
G_1 Experimental	O_1 - Pre-test	X_1 - modelo de <i>u-learning</i>	O_3 - Post-test
G_2 De control	O_2 - Pre-test	--	O_4 - Post-test

7.3 Muestra

El universo del nuevo ingreso de la BUAP es de aproximadamente 20,000 estudiantes, mismos que se encuentran dispersos en las facultades y campus universitarios del estado, además, el periodo de distanciamiento social complicó el acercamiento directo con los estudiantes, por lo que se optó por establecer un nivel de confianza del 95% con el 10% de margen de error. Así, decidimos utilizar un muestreo por conveniencia con el que se pudiera realizar el experimento con 100 estudiantes, lo que nos hizo buscar al menos cuatro grupos de nuevo ingreso, que fueren accesibles para la investigación, y que se encontraran cursando la materia Formación Humana y Social.

Estos grupos, al ser de nuevo ingreso, nos permitieron acceso a grupos de estudiantes con promedio de edad de 19 años. Estos estudiantes, conocen y dominan las TIC, al menos para uso lúdico.

7.4 Cuestionario de aceptación tecnológica

El cuestionario para apreciar el grado de aceptación de los usuarios al sistema propuesto se realizó basado en la UTAUT, que revisa los factores de expectativa de desempeño, expectativa de esfuerzo, influencia social y condiciones facilitadoras; que influyen la intención de uso del sistema por los estudiantes (Venkatesh et al., 2003).

Asimismo, no se consideraron efectos moderadores como género, experiencia o edad, ya que los estudiantes que participan en nuestro estudio tienen las mismas características generacionales y sociales.

De este modo, el cuestionario utiliza una escala tipo Likert de 5 puntos donde el 1 representa la opinión más negativa (completamente en desacuerdo) y el 5 la opinión más positiva (completamente de acuerdo), y se forma por reactivos previamente utilizados en otras investigaciones de la UTAUT (Khatun et al., 2017; Tan, 2013; Venkatesh et al., 2003) mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3
Reactivos del cuestionario de aceptación

Constructo	Reactivo
ED	ED1 Usar el sistema mejoraría mis resultados de aprendizaje
	ED2 Usar el sistema mejoraría mi motivación por aprender
	ED3 Usar el sistema aumentaría mi rendimiento en mis actividades de aprendizaje
	ED4 Sería útil usar el sistema en mis estudios
EE	EE1 Sería fácil para mi usar el sistema
	EE2 Me sería fácil volverme hábil en el uso del sistema
	EE3 Me volvería competente en el uso del sistema
	EE4 Mis actividades de aprendizaje con el sistema son claras y comprensibles
IS	IS1 Las personas importantes para mi piensan que yo debería usar el sistema
	IS2 Las personas involucradas en mi comportamiento de aprendizaje piensan que yo debería usar el sistema
	IS3 Mis compañeros y profesores piensan que yo debería usar el sistema

	IS4	Pienso que usar el sistema está de moda
CF	CF1	Tengo los recursos necesarios para usar el sistema
	CF2	Tengo el conocimiento necesario para usar el sistema
	CF3	Pienso que usar el sistema se adecua bien a la forma en que aprendo
	CF4	Si tengo problemas al usar el sistema, los puedo resolver rápidamente
IU	IU1	Pretendo usar el sistema en mis actividades futuras de aprendizaje
	IU2	Usaría el sistema para mejorar mi aprendizaje
	IU3	Planeo usar el sistema en los próximos periodos escolares

Nota. Basado en Venkatesh et al., (2003).

7.5 Entrevistas

Las entrevistas realizadas en adición a los resultados del experimento y al cuestionario de aceptación tecnológica, se llevaron a cabo con actores fundamentales del proceso educativo en la institución.

Los perfiles de los entrevistados se aprecian en la Tabla 4, mientras que en la Tabla 5 se muestra la estructura básica para formular las sesiones. Estas entrevistas, se desarrollaron en tres momentos de la investigación, la exploración, el desarrollo y la evaluación.

Tabla 4
Perfiles de los entrevistados

Perfil	Rol
Profesor	Profesor investigador en la BUAP y docente de la materia FHS.
Experto	Trabajador institucional en la BUAP como directivo o en mandos medios de dependencias administrativas relacionadas con las TIC o la gestión pedagógica.

En las etapas exploratoria y de desarrollo las entrevistas se hicieron no estructuradas, para promover un diálogo abierto que reflejase las ideas y opiniones del entrevistado para elaborar la propuesta, tanto desde su perspectiva institucional, como la profesional. En el caso de la etapa de evaluación, se

utilizaron las entrevistas semi estructuradas para conocer la percepción de los actores respecto a al modelo y sistemas propuestos.

Tabla 5
Estructura básica de las entrevistas

Tema	Preguntas	Entrevista	Momento
Ubicuidad en el aprendizaje	¿Considera que el aprendizaje es ubicuo? / ¿cómo podríamos extender la formación universitaria a la realidad cultural y social de los estudiantes?	No estructurada	Exploratorio, desarrollo
Utilidad de los sistemas de información educativos	¿Cree que son útiles los sistemas de información (software) de apoyo a la enseñanza universitaria? / ¿cuál es opinión respecto a los sistemas de información (software) de mediación de la enseñanza en la formación universitaria?	No estructurada	Exploratorio
Escenarios de aprendizaje	¿Cuál cree que es el escenario de aprendizaje ideal para los estudiantes de la universidad? / ¿considera que la educación en el aula atiende la realidad del estudiante universitario? / ¿considera que el escenario híbrido propuesto atiende las necesidades actuales de los estudiantes?	Semi estructurada, no estructurada	Desarrollo, evaluación
Estrategia educativa institucional	¿Se utiliza alguna estrategia pedagógica en la institución? / ¿sabe cuál es el posicionamiento pedagógico de la educación en nuestra institución?	No estructurada	Desarrollo
Sistema de control	¿Qué tipo de sistema cree que sería mejor recibido por estudiantes y profesores? / ¿qué características tendría el sistema? / ¿considera que el sistema de control propuesto cubre las necesidades de los involucrados?	Semi estructurada, no estructurada	Desarrollo, evaluación
Interacción con el usuario	¿Cómo podría interactuar el profesor con los estudiantes a través del sistema? / ¿de qué forma el sistema podría interactuar con los estudiantes? / ¿considera que la interacción del sistema con los estudiantes fue adecuada?	Semi estructurada, no estructurada	Desarrollo, evaluación
Consciencia del contexto del estudiante	¿Qué información de los estudiantes es necesaria para gestionar su material formativo? / ¿considera que la información contextual que el sistema obtiene del estudiante es suficiente para alcanzar el objetivo de darles una formación significativa?	Semi estructurada, no estructurada	Desarrollo, evaluación
Condiciones facilitadoras	¿Cree que existan las condiciones para utilizar un sistema similar (el sistema propuesto)? / ¿están capacitados los profesores y estudiantes para utilizarlo con éxito?	Semi estructurada, no estructurada	Exploratorio, desarrollo, evaluación
Impacto esperado	¿Cuál cree que serán los resultados de implementar un sistema similar (el sistema propuesto) de manera general en la institución? / ¿cree que el impacto sea positivo o negativo?	Semi estructurada, no estructurada	Exploratorio, evaluación
Utilidad del sistema	¿Cree que el sistema será de utilidad para los actores involucrados?	No estructurada	Exploratorio, evaluación
Consideraciones y limitantes	¿Qué problemas cree que puedan surgir a raíz de la implementación de un sistema similar (el sistema propuesto)? / ¿tiene algún comentario más al respecto?	No estructurada	Exploratorio, evaluación

7.6 Recursos

7.6.1 Materiales

Una parte importante de la innovación en tecnología educativa actual implica el uso y aceptación de las tecnologías de la información, por lo que, en congruencia con la naturaleza tecnológica de la investigación, los instrumentos utilizados en este ejercicio investigativo fueron de naturaleza electrónica.

En este sentido, los recursos tecnológicos se basaron en la infraestructura existente en la BUAP y disponible para los sujetos de estudio, y en la serie de elementos tecnológicos que podían ser provistos por el departamento que auspicia la investigación, la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicaciones (DCyTIC) de la BUAP.

Así, por una parte, los cuestionarios utilizados se realizaron a través de la plataforma educativa G-Suite, en la herramienta Google Forms. Por otra parte, las entrevistas con profesores y expertos universitarios que se llevaron a cabo de manera virtual se hicieron por las plataformas Microsoft Teams y Google Meet. A su vez, la herramienta electrónica de aplicación de la propuesta fue un sistema web basado en la arquitectura cliente-servidor, desarrollado con herramientas libres especialmente para esta investigación.

7.6.2 Humanos

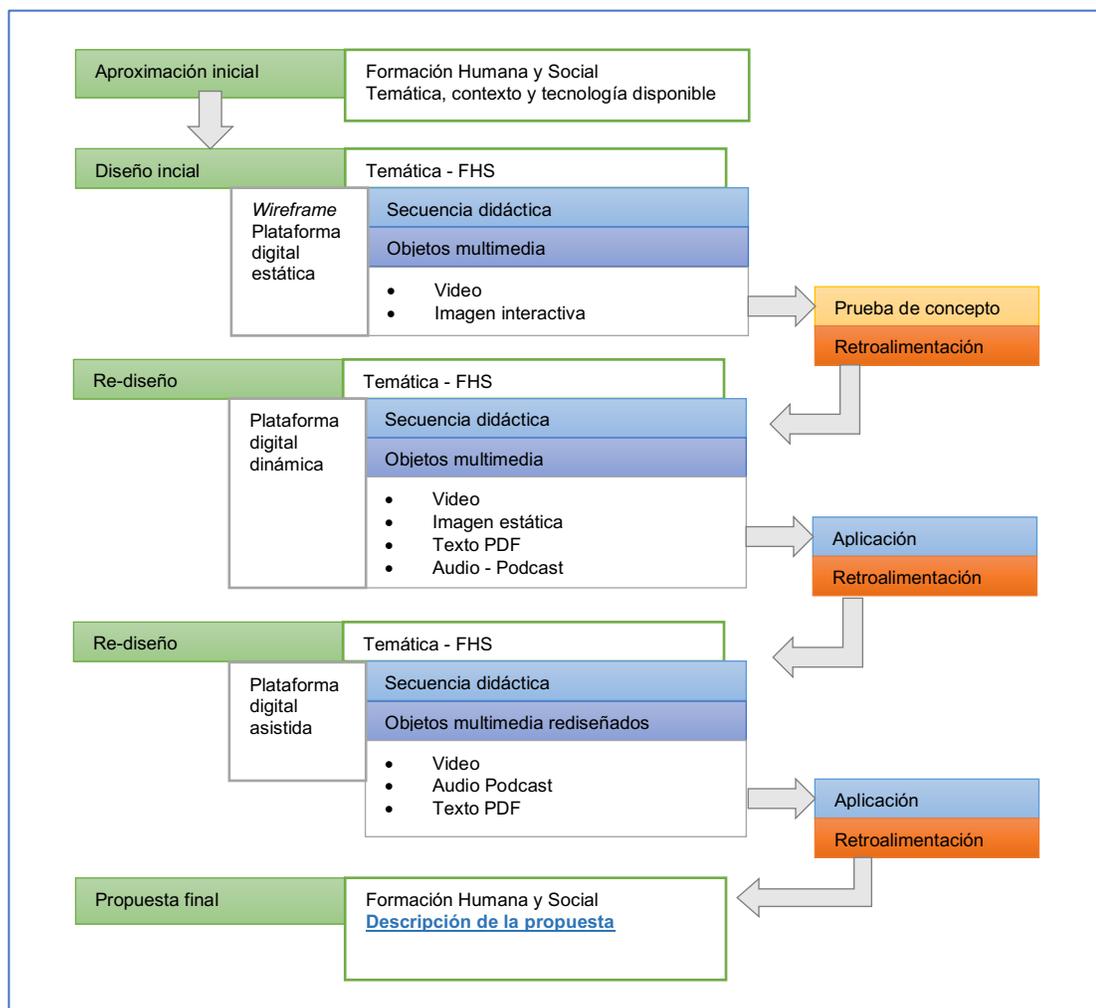
Finalmente, el equipo de trabajo involucrado se compuso por profesores investigadores de la universidad, expertos en TIC y en el modelo pedagógico universitario. Para el desarrollo de algunos instrumentos electrónicos nos apoyamos de practicantes de la misma dependencia auspiciante. Los profesores investigadores, además de participar en el diseño y retroalimentación, se encargaron de aplicar los instrumentos a los estudiantes y, para la realización de

las entrevistas, el autor de este trabajo fue quien realizó los acercamientos virtuales a expertos, profesores y estudiantes de la materia de Formación Humana y Social.

8 Diseño de la propuesta

En conformidad a la estrategia definida, el desarrollo de la propuesta de modelo siguió la misma dinámica, es decir, un proceso iterativo que nos permitió mejorar de manera incremental los materiales que se fueron implementando y la aproximación a la solución, donde el equipo de trabajo interactuó activamente para construir y reconstruir objetos cercanos a las expectativas y condiciones de la institución. En la Figura 5, se muestra el tratamiento evolutivo que se utilizó para desarrollar la propuesta del entorno de *u-learning*.

Figura 5
Evolución del diseño de propuesta



8.1 Aproximación inicial

La primera aproximación al problema se obtuvo por diversas prácticas en el seno de la Universidad de acogida, sobre la forma de ser de los estudiantes de nuevo ingreso, y cómo su dominio de las tecnologías de la información, aunque inmaduro, los hacía vivir en una dinámica de conectividad continua, y a una velocidad más rápida de lo que los profesores podían, o querían, acelerar. Una posible respuesta fue el uso de la tecnología para igualar el campo de batalla.

Con esto en mente, el análisis documental de teorías innovadoras nos condujo al acercamiento al aprendizaje ubicuo, como una estrategia avanzada que permitiría aprovechar la hiperconectividad de los jóvenes estudiantes para mejorar sus condiciones de estudio y aprendizaje.

Durante la primera etapa de la investigación se realizó un acercamiento a la institución de acogida para entender su contexto desde la perspectiva educativa y tecnológica y, en particular, el del entorno de la materia Formación Humana y Social. Por este motivo, esta exploración se llevó a cabo con entrevistas informales a diversos actores de la Universidad. Así, para conocer la manera en la que la comunidad universitaria identifica a las TIC en el entorno educativo, se platicó con profesores investigadores de varias facultades, y después, con expertos de áreas administrativas y tecnológicas de la BUAP.

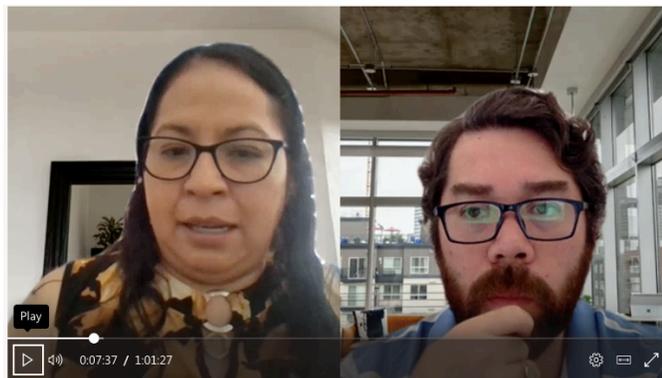
En la Figura 6 se muestra una imagen tomada de una de las entrevistas con los profesores y actores administrativos, en donde se observó la preocupación por que muchos profesores, a pesar de su formación, tuvieron problemas durante el periodo inicial de aislamiento por la pandemia de la COVID-19, ya que se vieron obligados a modificar sus prácticas cotidianas, tanto para actualizar su material educativo y así poder distribuirlo por medios electrónicos, como para capacitarse en el uso de herramientas de telepresencia, aunque con esto, muchos optaron por

forzar a sus estudiantes a conectarse a sesiones síncronas en las que daban sus clases del mismo modo en que lo habían hecho siempre.

No obstante, todos los entrevistados reconocieron la importancia, y la necesidad, de ofrecer nuevos mecanismos y prácticas de enseñanza en tiempos en que la sociedad se ha vuelto global e interconectada; medios que garanticen una mayor adaptación a la forma de pensar e interactuar de los estudiantes y una mejor respuesta de la institución ante el cambio generacional y cultural existente en nuestros días.

Figura 6

Entrevista con profesora miembro del equipo de trabajo



La opinión común en las entrevistas fue que, en efecto, existe la necesidad de cambiar la forma de enseñar y la manera en que se interactúa con el estudiante. Aunque, también comentaron que esto requiere mucho tiempo y trabajo adicional en el diseño y estructuración de los contenidos educativos, en la capacitación de profesores, y en crear nuevos roles de participación, por lo que, al realizar una propuesta, es muy importante adecuarse a las necesidades actuales y futuras de la Universidad.

8.2 Exploración de línea base

Con los objetivos definidos, la labor en esta fase en la IBD fue conseguir datos para delinear la base sobre la cual se erigiría la propuesta de solución. Esto se realizó con entrevistas a expertos en la estrategia pedagógica de la BUAP, de quienes se recopiló información sobre el modelo pedagógico universitario vigente, el Modelo Universitario Minerva, que se basa en el humanismo crítico y el constructivismo para formar a los estudiantes como miembros productivos e importantes en la sociedad mexicana. Además, durante el trabajo conjunto con estos expertos se obtuvo la información descriptiva de la materia Formación Humana y Social, como uno de los pilares de la formación que se imparte en todos los programas de estudio de nivel superior de la Universidad.

Además de obtener el contexto pedagógico, fue necesario indagar las capacidades tecnológicas tanto de la institución como de los profesores y estudiantes participantes en la investigación. Así, se condujeron entrevistas con expertos del departamento encargado de las TIC en la institución (DCyTIC) y se aplicaron encuestas para conocer, y contrastar, qué recursos de TIC se utilizan realmente en la Universidad, cuánto los usan los profesores y estudiantes, y qué tan cómodos se sienten al hacerlo, además de identificar las expectativas que se tiene de ellos.

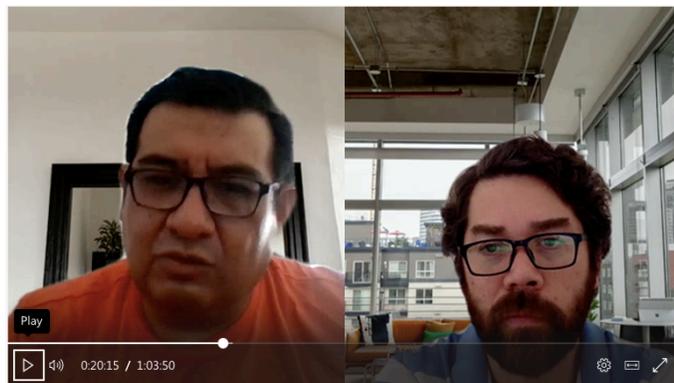
Las encuestas se aplicaron apoyándonos en Google Forms, una herramienta gratuita a la que tienen acceso todos los estudiantes. Este ejercicio nos mostró que para profesores y estudiantes los recursos educativos de TIC significan algo similar, donde el Internet es el medio tecnológico más percibido. Como herramientas de trabajo en clase, los profesores mencionaron que las computadoras portátiles (laptops) son lo que más utilizan para conectarse a Internet, mientras que, los estudiantes, mostraron dar la misma importancia a las laptops y a sus *smartphones*. Por otra parte, ambos grupos mencionaron que, en adición a la computadora con acceso a internet, el proyector multimedia es la herramienta que más se usa como apoyo a la enseñanza, aunque para realizar actividades escolares fuera de la Universidad los profesores ven al correo

electrónico como el elemento más útil, mientras que los estudiantes reportaron que, en su caso, son las redes sociales lo que más utilizan.

Para conocer la percepción, utilizamos una encuesta basada en la UTAUT (Venkatesh et al., 2003), desde donde advertimos que la adopción tecnológica que se tiene es amplia, aunque en un entorno limitado de dispositivos. Más aún, encontramos que la aceptación es ampliamente positiva entre profesores y estudiantes, con unas pocas opiniones negativas, por una parte, respecto al mal estado del equipamiento tecnológico en la Universidad, y por otra, de incertidumbre sobre la posible limitante de la creatividad que pudiese significar el uso amplio de la tecnología.

Para corroborar y en su caso, contrastar la información obtenida, se realizaron otras entrevistas con expertos en Tecnologías de la Información. En la Figura 7 se observa la captura de una de las entrevistas en línea, en la que un profesor encargado del área de Redes de la Facultad de Ciencias de la Computación de la BUAP nos confirmó el uso generalizado de los equipos de cómputo antes mencionados.

Figura 7
Entrevista con profesor y administrador de redes



Además, de estas entrevistas técnicas con encargados de sistemas en la Universidad, se obtuvieron las capacidades de TIC presentes en la universidad, y

que están disponibles para el uso de la comunidad universitaria y soporte de las actividades escolares.

Finalmente, nos adentramos a explorar las condiciones de aplicación en la materia Formación Humana y Social, para lo cual, primero entrevistamos a otros profesores de esta asignatura para comentarles de manera informal los resultados parciales obtenidos y charlar para encontrar conceptos clave en sus opiniones y conocer las propuestas que los mismos profesores consideran viables, de acuerdo con el contexto institucional que viven en la BUAP; y segundo, aplicamos nuevas encuestas para conocer las posibles herramientas a utilizar en nuestra propuesta.

Estas entrevistas consistieron en preguntas abiertas a los profesores en la búsqueda por conocer sus opiniones respecto a los tres puntos siguientes:

- La forma en que actualmente imparten la materia, especificando si utilizan alguna técnica pedagógica en específico y dispositivos de TIC como herramientas de apoyo.
- Las particularidades de los estudiantes de nuevo ingreso en sus grupos, y si estos se muestran motivados por el uso de las herramientas de TIC en la materia.
- El contexto institucional en el que se desenvuelven profesores y estudiantes y qué posibilidades de aumentación por tecnología creen convenientes y pertinentes para la materia.

En general, los profesores entrevistados mencionaron que este tipo de materia, al ser común a todas las licenciaturas y con temas más cercanos a las ciencias sociales, los hace utilizar frecuentemente mecanismos discursivos y de discusión, que se transforman en actividades colaborativas presenciales como el debate, buscando el impacto motivacional en los estudiantes. También, nos dijeron que los dispositivos que utilizan son los proporcionados por la Universidad, aunque en algunos casos se valen de sus propios equipos de cómputo para hacer el ejercicio más fluido.

Nos dejaron saber que, en su opinión, la pericia tecnológica de los estudiantes no se puede definir en un grado común, debido a que esta puede diferir según su lugar de origen y condición social, lo que también se refleja en el tipo de gama de dispositivos de cómputo que tienen y en los servicios de comunicación con los que cuentan. Sin embargo, hicieron hincapié en que han observado que, de manera general, los estudiantes pueden saber usar un dispositivo como el *smartphone*, pero no tienen las habilidades suficientes de investigación y análisis para sacarle provecho con una intención educativa.

Por último, aunque se mostraron renuentes a opinar a fondo sobre las condiciones institucionales, nos dejaron ver su preocupación por la falta de interés de algunos profesores con antigüedad y prestigio considerables, de cambiar sus métodos de enseñanza y actualizarse en el uso de las TIC, al grado de no identificar nuevas tecnologías que fuesen elementos de mejora en esta asignatura u otras similares. De tal modo que cualquier propuesta pertinente, debiese estar alineada con estas particularidades.

En definitiva, en esta fase inicial, que comprendió las dos primeras iteraciones de nuestra investigación, aprendimos y delineamos las características necesarias para hacer un planteamiento adecuado a las características de la Universidad de acogida del proyecto, lo cual es un aspecto fundamental para la innovación educativa desde una perspectiva profesionalizante.

8.3 Estrategia didáctica

La base educativa para el modelo propuesto se realizó a lo largo de las tres últimas iteraciones, donde diseñamos, probamos y rediseñamos la estrategia didáctica.

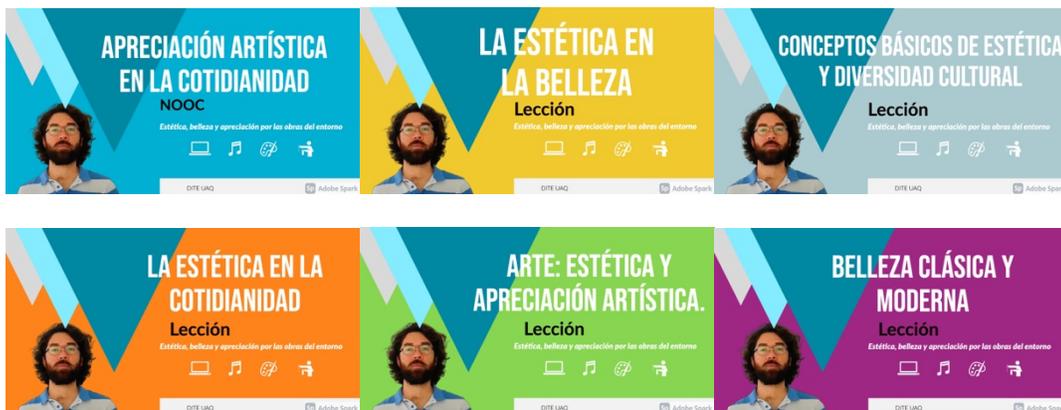
En la tercera iteración de la investigación, y utilizando la información solventada en las dos primeras iteraciones, construimos y probamos una serie de objetos digitales de aprendizaje basados en el syllabus de la asignatura FHS.

Esos objetos, para mejorar su utilidad, se realizaron en medios distintos: videos, imágenes interactivas, y pruebas de autoevaluación interactivas (Nobre, 2018; Wiley, 2020).

Los archivos de video iniciales pueden observarse en la Figura 8, y fueron una parte importante en la implementación de la propuesta del sistema de *u-learning*, ya que estos son útiles para conectar con los estudiantes jóvenes gracias a su amplia aceptación e incorporación en la mayoría de plataformas digitales que actualmente pueblan el entorno y otorgan un nuevo dinamismo e identidad cultural a la sociedad global (Hou, 2019).

Figura 8

Portadas de los videos realizados como primera propuesta



Además de los videos, se realizaron imágenes interactivas para reafirmar el contenido de video inicial; un ejemplo de ellas se puede ver en la Figura 9. Las imágenes consistieron en un ejemplo del tema en cuestión con puntos de interacción basados en coordenadas bidimensionales, en las que, al hacer clic en ellos, se desplegaba información específica para el segmento de la imagen elegida. Finalmente, se crearon actividades de autoevaluación basadas en test interactivos.

Para estos objetos de aprendizaje, utilizamos una de las temáticas de la asignatura donde agrupamos la exposición y la autoevaluación, con una

interacción unidireccional que indicaba la forma y momento de realizar las actividades subsecuentes de aprendizaje.

Respecto al alojamiento de los objetos realizados, con el fin de mantenerlos en un espacio que ofrezca las propiedades esenciales de seguridad, elegimos a YouTube, pues nos brinda la reproducción ilimitada de los videos por *streaming* con la posibilidad de incorporar hipervínculos, aunque limitados, subtítulos y encuestas. Para las imágenes interactivas, se optó por la plataforma Genial.ly, que es una aplicación web que permite desarrollar contenidos para redes sociales de manera rápida y atractiva. De manera similar, las pruebas interactivas de autoevaluación se hicieron con la herramienta en línea Quizz, que permite insertar imágenes, música y micro juegos para mejorar la interactividad del objeto. Estos contenidos, al estar codificados en HTML5, pueden publicarse en la mayoría de las redes sociales digitales, e insertarse como objetos embebidos en sitios web, como los que se utilizan en entornos virtuales como Moodle o Blackboard.

Figura 9
Imagen interactiva realizada como propuesta



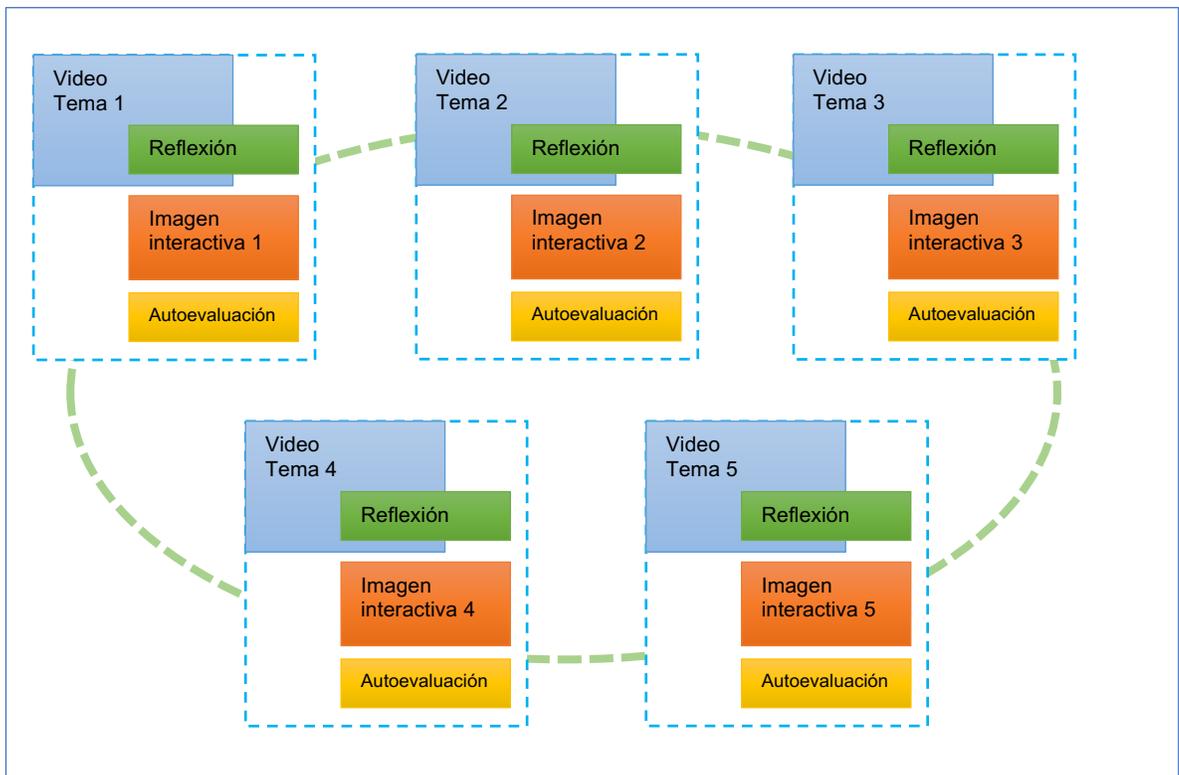
En este sentido, la secuencia didáctica inicial (Figura 10) se diseñó para llevarse a cabo en paralelo, *i.e.*, la temática completa de la unidad se trata como la suma de los subtemas que se presentan en los videos, sin necesidad de seguir un orden

específico. Cada uno de ellos es autoconclusivo, incluye su introducción, actividades de reflexión y conclusión, además, al final de cada video, se incluye la instrucción para que el estudiante continúe con la imagen interactiva correspondiente a la reafirmación del tema y el test interactivo de autoevaluación.

Este material y su estrategia didáctica se mostraron a los profesores investigadores miembros del equipo de trabajo en la institución de acogida, y se les pidió que revisaran por un lado la ejecución pedagógica de la propuesta según los criterios de la materia Formación Humana y Social, y por otro los formatos y tecnologías utilizadas según las características que han detectado en las actitudes y aptitudes de sus estudiantes universitarios.

Figura 10

Diagrama de la secuencia didáctica inicial



El primer comentario realizado se enfocó en la reducción de trabajo que ese tipo de material educativo les implica a los profesores, y que, por la naturaleza de la

materia, parecía adecuado utilizar ese tipo de secuenciación didáctica con actividades autogestivas, para impulsar la reflexión y la autoevaluación, ya que en particular la unidad temática elegida, trata de la sensibilización del estudiante hacia su entorno.

Por otra parte, mencionaron que los formatos elegidos eran adecuados, ya que ellos mismos los habían revisado en una TV inteligente y en el *smartphone*. En su opinión, esto ayuda a que los estudiantes se acerquen al contenido de una manera más relajada, pero se mostraron preocupados porque no pueden saber si los estudiantes efectivamente vieron los videos y revisaron las imágenes interactivas. Mencionaron que era necesaria una forma de identificar que efectivamente cumplían con las actividades. Además, observaron que el uso de YouTube era adecuado pues es una plataforma abierta, pero no se mostraron convencidos sobre el uso de las plataformas Genial.ly o Quizz, pues son herramientas de costo que, a pesar de ser buenas, podrían cambiar, venderse o desaparecer y, con eso, perder la accesibilidad al material educativo desarrollado.

Señalaron que, aunque el material era atractivo para ellos, sería mucho más provechoso realizar diferentes objetos de aprendizaje equivalentes, para que se ejecutaran de forma paralela por los estudiantes, según el tipo de aprendizaje que aplicase mejor a cada estudiante; como videos e imágenes, pero también *podcasts* y lecturas, todos bajo el mismo objetivo en la misma unidad temática.

Finalmente sugirieron dos cosas. La primera fue que, a pesar de que la propuesta trata de actividades autogestivas, era necesario incluir algún mecanismo para aplicar una evaluación, lo que permitiría apoyarles con algunas actividades institucionales que son su responsabilidad como profesores, como el proceso de llenado de actas del sistema escolar de la universidad con las calificaciones obtenidas por cada uno de los alumnos inscritos en la materia. Para ellos, el que el estudiante aprenda es excelente, pero no les sirve de mucho si las autoridades universitarias no reciben las calificaciones y dan por terminada la participación del profesor en el periodo. La segunda sugerencia fue incorporar el contexto del

usuario como iniciador de las actividades educativas, ya que esto permitiría que el estudiante asocie la lección con su realidad.

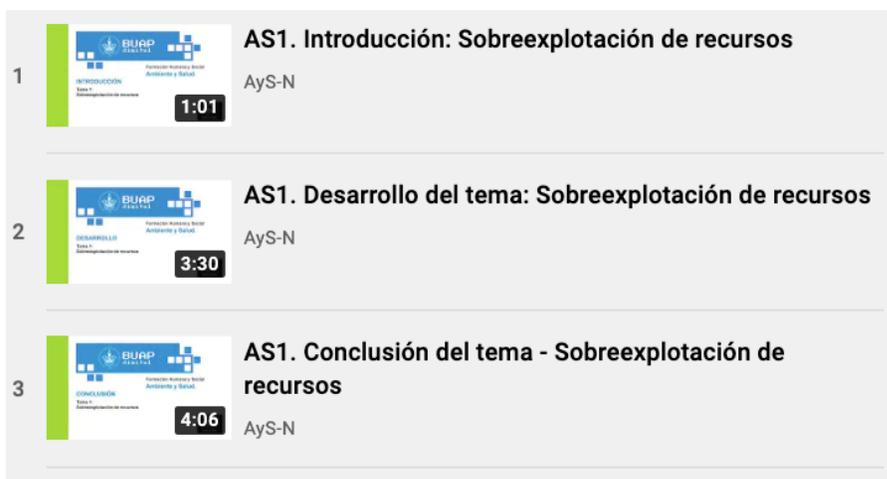
En la iteración siguiente, la cuarta, utilizamos las opiniones de los profesores después de probar los productos iniciales de la propuesta para rediseñar los objetos digitales de aprendizaje, pero ahora con otra unidad temática de la misma asignatura, cuidando incluir más formatos multimedia y una secuencia didáctica distinta, acorde a sus criterios.

La mayor aceptación por el equipo de trabajo fue para los archivos de video, así que nuevamente se desarrollaron videos donde, de manera sencilla, se presentó una exposición del tema tratado en cada una de las etapas de la secuencia didáctica de la unidad elegida.

En estos videos también incluimos indicaciones para enlazar actividades reflexivas para los estudiantes, mismas que debían de reproducirse en el orden establecido para conseguir la experiencia de enseñanza planeada. Un ejemplo del listado básico de los videos producidos se puede ver en la Figura 11.

Figura 11

Lista de videos en YouTube del subtema 1



Aunado a los videos, se creó material en formato de imagen, pero, respetando los comentarios obtenidos en la retroalimentación del equipo de trabajo, se

implementaron en versión estática para que pudieran publicarse fácilmente, reutilizarse, e incluso compartirse por los estudiantes. Estas imágenes (Figura 12) se hicieron a manera de infografías verticales, en las que, al igual que los videos, tratan el tema en una secuencia completa específica.

Figura 12
Fragmento de infografía del subtema 2



Por otra parte, siguiendo con los avances del ciclo anterior, se crearon archivos de texto enriquecido (Figura 13) con la información completa de cada tema, utilizando lenguaje sencillo, imágenes simples como ejemplos y las correspondientes instrucciones para reflexionar los conceptos presentados.

Figura 13
Fragmento del archivo de texto del subtema 3

Formación Humana y Social
Primavera 2021

Ambiente y Salud.
Tema 3

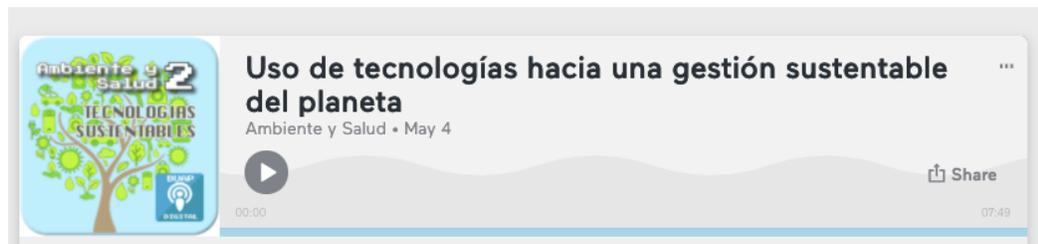
El cuidado del ambiente y su impacto en la salud
INTRODUCCIÓN

Te damos la bienvenida a la tercera parte del módulo de Ambiente y Salud. Este tema, trata de cómo el estado del medio ambiente impacta en tu salud. A continuación trataremos brevemente los asuntos que se revisarán en el desarrollo de este tema.

- 1. El medio ambiente**
Explicaremos el concepto de medio ambiente y su relación con nuestra vida.
- 2. Daños al medio ambiente**
Trataremos la forma en que las actividades humanas impactan el estado del medio ambiente.

Del mismo modo, nos dimos a la tarea de producir archivos de audio y publicarlos a manera de podcasts de cada tema y, al igual que con los objetos previamente definidos, incluimos las instrucciones correspondientes para continuar con actividades de reflexión, aunque en esta ocasión de manera verbal. En la Figura 14 se presenta la carátula de uno de los podcasts publicados.

Figura 14
Carátula del podcast del subtema 2



A su vez, se realizaron otros instrumentos digitales como apoyo a la lección presentada a manera de pruebas de diagnóstico y evaluación, que como se muestra en la Figura 15, se hicieron con formularios web, los cuales son sencillos de compartir, y fácilmente interpretables por cualquier dispositivo de cómputo con acceso a la Web.

Figura 15
Formulario de diagnóstico de la unidad temática



A la par del desarrollo de los nuevos formatos para los objetos digitales de aprendizaje, durante esta iteración incluimos variantes complementarias que, con la intención de facilitar el aprendizaje de los estudiantes, fuesen utilizables en situaciones específicas. Esto, en la búsqueda por profundizar las explicaciones temáticas tratadas, pero basados en el contexto del estudiante.

Estos objetos situados, se hicieron como segmentos complementarios para los archivos de audio (Figura 16), y como sustitutos contextuales del material de aprendizaje que entregamos en texto, imagen (Figura 17) y video.

Figura 16
Podcast situado complementario del subtema 1

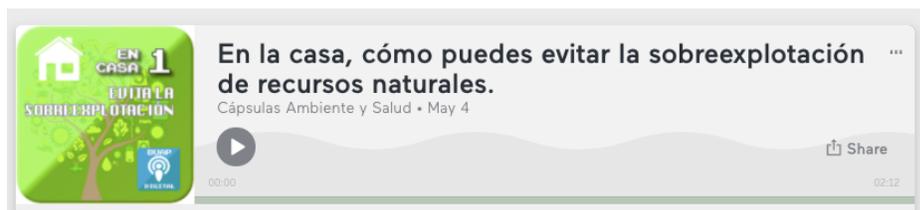
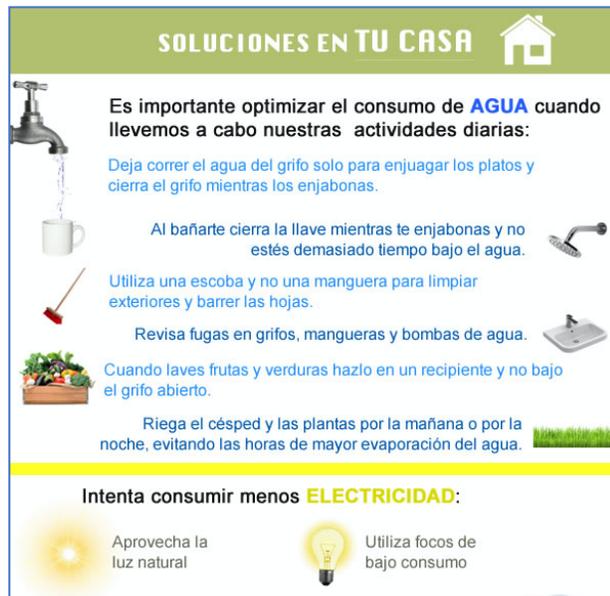


Figura 17
Fragmento situado de la infografía del subtema 1



Para albergar en 'la nube' todos los objetos de aprendizaje realizados se utilizó una cuenta educativa de Google Education, pues cuenta con servicios tecnológicos con alta disponibilidad, confidencialidad e integridad. Así, los videos se colocaron en una cuenta educativa de YouTube, y se dividieron en listas de reproducción según el subtema correspondiente, separando los materiales con información situada.

Las imágenes se exportaron en formato JPG por ser el que tiene un mayor grado de compresión y, por lo tanto, ofrece un menor peso en Kb (Kilo bytes) para los archivos, con esto aseguramos que sean accesibles para cualquier tipo de dispositivo y mediante cualquier conexión a internet, incluso de baja velocidad.

Los archivos de texto enriquecido se publicaron en formato PDF (*Portable Document Format*) por razones similares, ya que este tipo de archivos, por un lado, mantiene el esquema visual del documento con una reducción de su tamaño en Kb, y por otro puede ser ejecutado directamente en cualquier navegador web moderno.

En el caso de los archivos de audio, los podcasts, se realizaron en formato mp3 y se alojaron en la plataforma Anchor, la cual es un servicio gratuito de la aplicación comercial Spotify, que es la empresa líder en el *streaming* de audio por internet. Este formato de objeto fue el único que se colocó fuera de la plataforma de Google Education, ya que, al momento del desarrollo de estos materiales, no contaba con una aplicación para *streaming* de audio bajo demanda.

Para los formularios web, se utilizó la herramienta Forms de Google, la cual permite el acceso rápido y distribución sencilla de los cuestionarios, tanto como hipervínculo como objeto de HTML embebido.

Por su parte, la secuencia didáctica fue rediseñada para cubrir los requerimientos proporcionados por los profesores. Esta nueva propuesta de secuenciación se planteó para que las actividades se llevaran a cabo en el orden normal de los tiempos de enseñanza: introducción, desarrollo y conclusión.

El proceso general incluyó una prueba diagnóstica, el desarrollo de los tres subtemas que componen la unidad temática elegida y, una evaluación final para corroborar el avance en el aprendizaje de los estudiantes y obtener un dato calificador para posterior uso del profesor.

De acuerdo con la retroalimentación sobre el diseño inicial, en cada tiempo de la lección, los objetos de aprendizaje son intercambiables entre los formatos multimedia disponibles de texto, imagen, audio y video, de modo que, gracias a que son equivalentes, dentro del segmento de introducción los estudiantes podían acceder a cualquiera de los objetos digitales y posteriormente continuar a la siguiente sección, donde podían elegir nuevamente cualquiera de los formatos disponibles, y así sucesivamente hasta terminar las actividades presentadas. Esta secuencia se muestra en la Figura 18.

Posteriormente, esta propuesta se puso a prueba en la Universidad para conocer su impacto. Esto se realizó siguiendo el mismo diseño cuasi experimental propuesto en la metodología de la investigación, con pre y post-test y grupo de

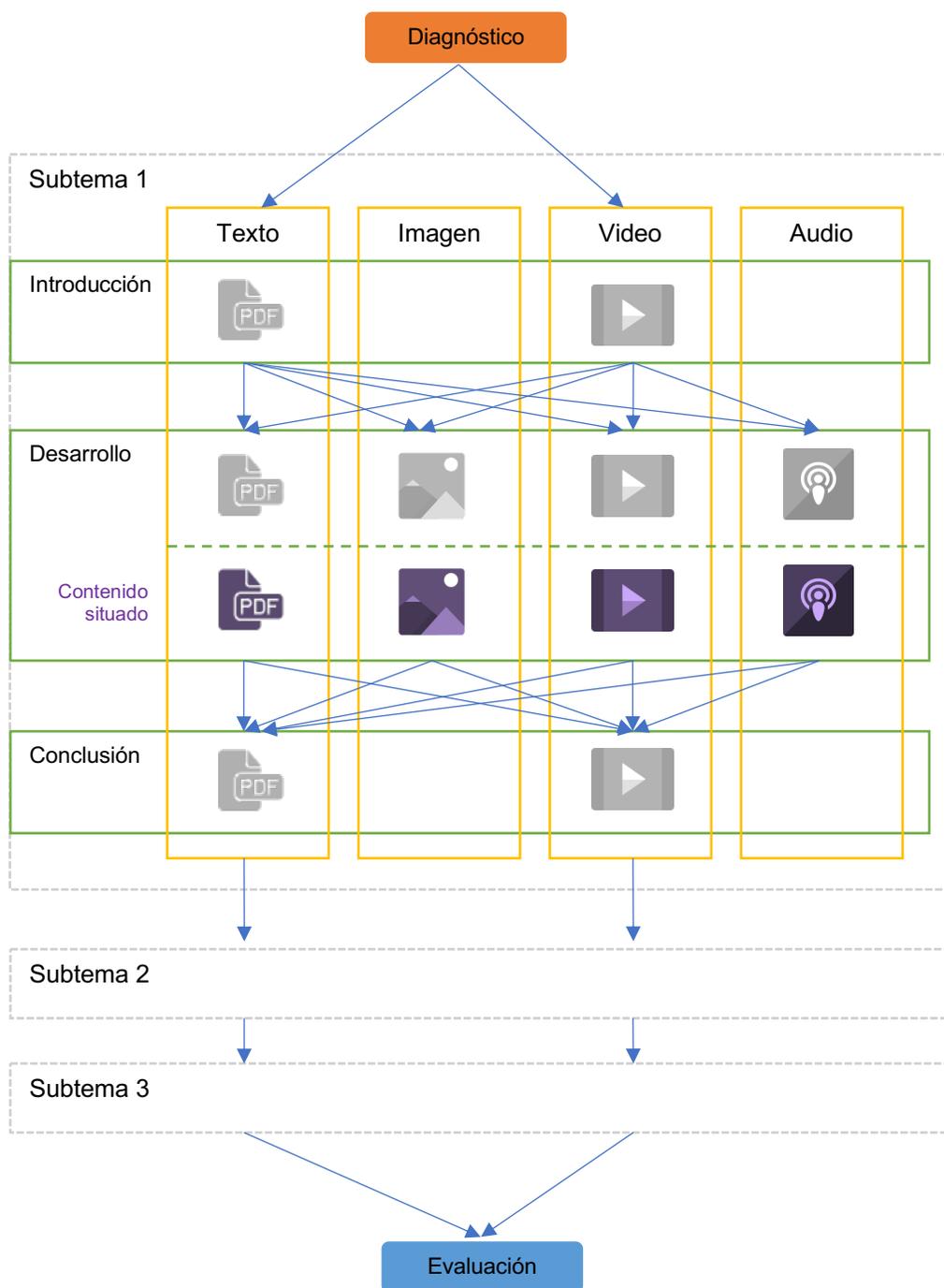
control. Debido a que este ciclo de la intervención coincidió con el periodo de primavera del nivel superior de la Universidad, se utilizó un muestreo por conveniencia con dos grupos de estudiantes del segundo semestre de la licenciatura. Uno de los grupos se utilizó como experimental, al que se le aplicó el material de aprendizaje situado, mientras que, al otro grupo se le aplicó el material de aprendizaje regular, sirviendo como grupo de control.

Las instrucciones didácticas se hicieron llegar a los estudiantes de ambos grupos a través de sus respectivos profesores, y se les dio una semana para seguir las actividades. A cada grupo, se le realizó una prueba previa y una posterior para medir su avance.

Los datos recopilados del pre-test determinaron que existía una diferencia en los conocimientos previos entre los grupos de la muestra, sin embargo, la diferencia entre las medias de la prueba diagnóstica fue menor a la cota de error, por lo que decidimos continuar para analizar el cambio en su desarrollo educativo.

Figura 18

Diagrama de la secuencia didáctica rediseñada



Después de la prueba inicial, los participantes de ambos grupos ingresaron a los objetos de aprendizaje siguiendo las guías respectivas. Encontramos que, mientras que en el grupo experimental los estudiantes ingresaron más a los formatos de imagen y video, en el grupo de control lo hicieron al objeto de texto. El formato que menos se utilizó fue el de audio a manera de podcast, incluso cuando el mismo objeto de aprendizaje con contenido normal se ofreció a ambos grupos, ya que el elemento situado se ofreció como cápsulas complementarias. Como nota final del acceso a los diversos formatos, el conjunto de ingresos es mayor al número de estudiantes de cada grupo, debido a que se les informó que, como los objetos eran complementarios de manera horizontal, podían ingresar a los objetos aún después de ya haber revisado otro de la misma sección.

Después del estudio de la lección, se aplicó a las estudiantes de ambos grupos una evaluación final para medir su avance. De este modo, aunque en ambos grupos se observó una mejoría en la puntuación entre las pruebas, el crecimiento de la media de la calificación en el grupo expuesto a los OA con contenido contextual fue mayor (Tabla 6), registrando un crecimiento del 5.38%, mientras que, en el grupo de control, este incremento fue del 3.51%.

Tabla 6
Valores estadísticos descriptivos del post-test de la segunda propuesta

G1		G2	
\bar{O}_3	14,6875	\bar{O}_4	14,73333333
\tilde{O}_3	15	\tilde{O}_4	14
\hat{O}_3	14	\hat{O}_4	14
σ_3	1,013579671	σ_4	1,123486636
Rango	13-16	Rango	13-16
Participantes	32	Participantes	30

Otro aspecto observado fue que, en el grupo de control la mediana permaneció en el mismo lugar, mientras que la moda, retrocedió un punto en las calificaciones. Para el grupo experimental, la mediana avanzó un punto, mientras que la moda no mostró cambio. Respecto a la dispersión de resultados, después del ejercicio de aprendizaje, las calificaciones de ambos grupos redujeron su variación, aunque

cuando el grupo de control lo hizo menos de un 2%, el grupo experimental se compactó en 6.8%. A pesar de que los estudiantes ya tenían conocimientos de los temas tratados, ambos grupos tuvieron mejores resultados, pero con un avance más grande para el grupo experimental.

Al término de la aplicación de la propuesta en esta cuarta iteración, se realizaron entrevistas informales con los profesores de cada grupo, primero para entregarles los resultados que les servirían para asignarles calificación de la unidad temática, y segundo, para conocer sus opiniones generales del proceso.

De este modo, ambas profesoras mencionaron que el ejercicio les pareció agradable y diferente a las actividades que normalmente les dan a sus estudiantes durante las clases presenciales, aunque, por otra parte, mencionaron que durante la pandemia sí habían utilizado mecanismos parecidos, pero que en esos casos solamente se les entrega un documento en PDF, además, no les hacen evaluación final, sino que les encargan algún ejercicio para dar por terminado el tema. La profesora del grupo experimental señaló que las actividades con elementos situados le gustaron más, porque colocaban a sus estudiantes en un escenario donde se fomentaba su curiosidad, lo que podía ayudarles a entender mejor los conceptos.

A su vez, las profesoras comentaron que les gustaría cambiar algunos aspectos del material que se utilizó, tal vez para mejorar la explicación de algunos conceptos o para proveer otros ejemplos que sus estudiantes pudieran entender mejor. Por su parte, las profesoras mencionaron que no creían que las infografías fueran una buena opción, pues parecía que se simplificaba demasiado el tema.

La profesora del grupo de control también comentó que, según sus alumnos, las actividades las realizaron del mismo modo que lo habían venido haciendo y, aunque tenían opciones para revisar el tema, realmente intentaron poco con formatos diferentes, y prefirieron seguir como siempre lo habían hecho, leyendo los archivos de texto en sus computadoras.

La profesora del grupo experimental expresó que sus estudiantes estaban cómodos con la idea de tener opciones para estudiar el mismo tema, y que varios se mostraron interesados por decidir si leer, ver o escuchar las explicaciones. Esta profesora nos dijo que algunos jóvenes dijeron sentirse más relajados al estudiar el tema de esa forma, porque mientras en las otras asignaturas las actividades siempre eran las mismas, con esta opción ellos podían elegir un video para verlo en casa mientras comían, o escuchar los podcasts cuando se aburrían de leer.

En general, las profesoras utilizaron la evaluación final para asignar una calificación a esa unidad temática, y mencionaron que, como normalmente esa unidad la tratan entre 15 y 20 días, con este sistema pudieron descansar un poco y dedicarse a preparar otras actividades, pues en este ejercicio solo invirtieron tiempo para copiar las calificaciones. Ambas profesoras aceptaron apoyar al rediseño de la propuesta aportando contenido para nuevos materiales y a volver a aplicarla con otros grupos de esa misma materia.

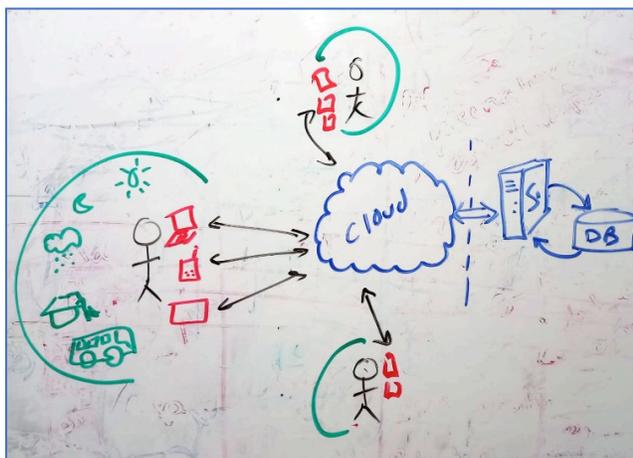
Después de obtener estos resultados, y una buena cantidad de información, en la quinta iteración de la investigación tomamos lo aprendido para reformular el diseño y obtener nuestra propuesta final.

8.4 Sistema de *u-learning*

Una de las partes esenciales de la propuesta es el método de entrega del material educativo, que debía ser una herramienta tecnológica capaz de implementar los elementos presentes en las aproximaciones al *u-learning* identificadas.

En las primeras dos iteraciones, como parte de la aproximación inicial a la situación institucional en la Universidad, se produjeron varios bocetos para ejemplificar el funcionamiento esperado de la plataforma que eventualmente se ocuparía de administrar el material de aprendizaje ubicuo. En la figura 19 mostramos uno de los primeros esquemas que se trabajó en un ejercicio de lluvia de ideas con profesores de la asignatura FHS.

Figura 19
Esquema temprano de la plataforma



En este sentido, desde esta etapa temprana se buscó utilizar diversos dispositivos tecnológicos para gestionar la interacción entre estudiantes y objetos de aprendizaje, mediados usando su contexto.

Posteriormente, una vez que se recopilaron los datos necesarios sobre las características pedagógicas, administrativas y de infraestructura de TIC preponderantes en la Universidad, se volvió a esquematizar la propuesta de solución, pero esta vez, basándonos en la información definida. De tal modo que, en una nueva idea sobre la plataforma, se empezó a delimitar el alcance tecnológico de la misma para ser compatible con las tecnologías y dispositivos ya identificados en los sujetos de estudio.

Esta propuesta, se enfocó completamente en aprovechar el uso generalizado que tienen estudiantes y profesores de las tecnologías web. Desde visores de correo electrónico como Gmail y Outlook, pasando por entornos de educación en línea como Moodle y Blackboard, hasta sitios recreativos como YouTube o Spotify, la comunidad universitaria está acostumbrada a usar sitios web, y la plataforma de control debía adaptarse a ello.

En consecuencia, para la prueba experimental realizada en la cuarta iteración, utilizamos una aplicación web estática donde se entregaba a cada estudiante participante una guía de texto con las instrucciones, la secuencia didáctica correspondiente y los hipervínculos a cada uno de los objetos de aprendizaje digitales disponibles. En la Figura 20 se muestran, de un lado el bosquejo realizado en un ejercicio de prototipado rápido, y del otro la guía del primero de los temas presentada al grupo experimental.

Figura 20
Bosquejo del despliegue del sistema y guía desplegada

Ambiente y Salud. Tema 1
Sobreexplotación de recursos

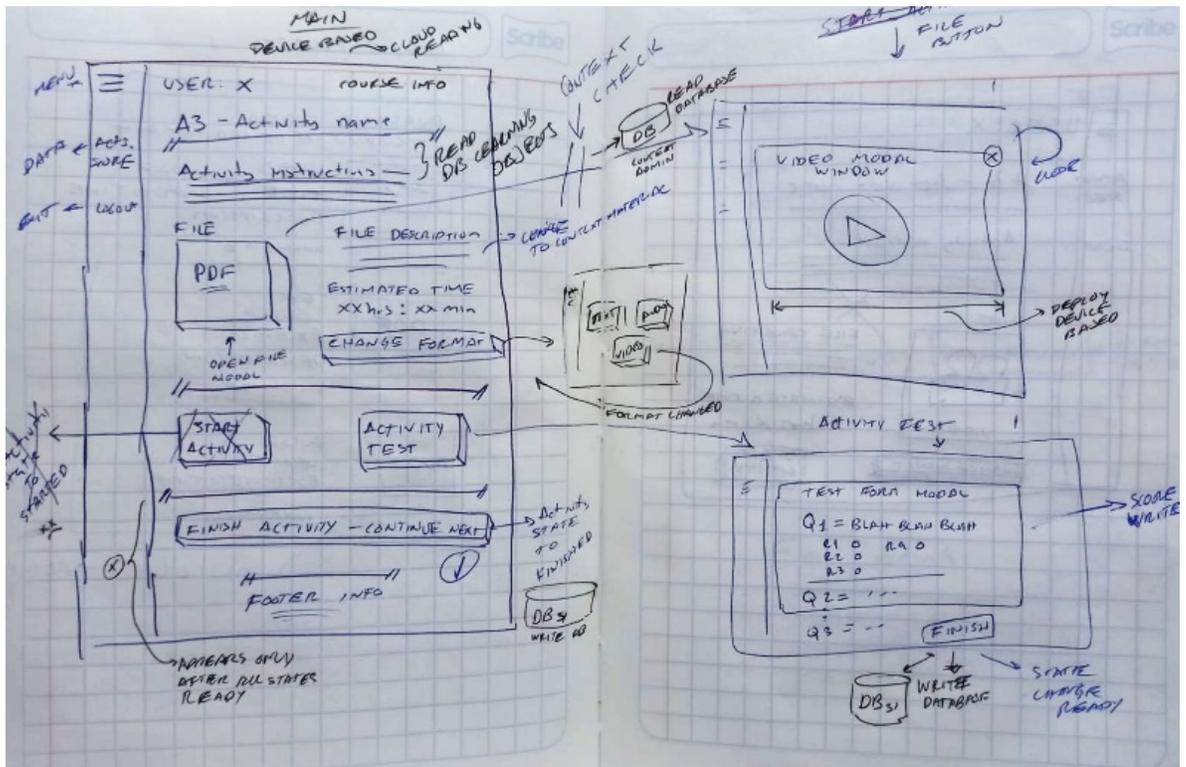
Elige el formato que más te agrade, recuerda que la información es la misma en cualquiera de los materiales presentados, por lo que puedes utilizar uno, o todos.

Asegúrate de seguir cada uno de los tiempos del material, la introducción, el desarrollo del tema y la conclusión.

Actividad \ Formato	Texto	Imagen	Video	Audio
Introducción al tema de la sobreexplotación	PDF		▶	
Desarrollo de la información del tema	PDF	▶	▶	📻
Cápsula complemento del podcast del desarrollo del tema				
Recapitulación y conclusiones	PDF		▶	

Con la retroalimentación de estudiantes y profesores, se rediseñó la aplicación web para que realizara una gestión electrónica de los contenidos educativos y de la personalización necesaria para solventar los fundamentos contextuales del aprendizaje ubicuo. Un bosquejo temprano del *wireframe* de la aplicación se puede ver en la Figura 21.

Figura 21
 Boceto de la etapa principal de la aplicación web propuesta



Finalmente, sobre estos planteamientos, se desarrolló una nueva aplicación web capaz de soportar los objetos digitales de aprendizaje y, ofrecer a los estudiantes, una experiencia ubicua de aprendizaje.

9 Resultados

9.1 Situación tecnológica en la BUAP

9.1.1 Adopción tecnológica

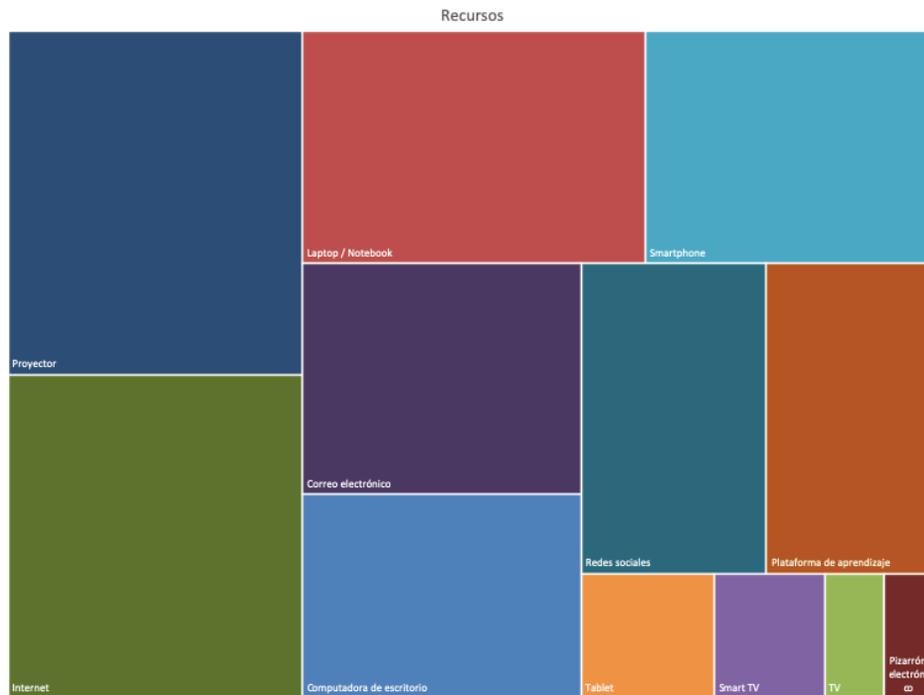
La implementación de cualquier innovación educativa siempre representa retos que requieren identificar y reconocer la mejor forma de llevar a cabo el proceso de transformación (Trejo Sirvent et al., 2014). Para establecer las directrices que nos ayudaren a minimizar los impedimentos de incorporar un modelo de *u-learning* en la BUAP, utilizamos estrategias que revelaron información valiosa sobre la adopción tecnológica y su aceptación en la Universidad.

Encuestas aplicadas en los meses de diciembre de 2019 y enero del 2020, mostraron que los recursos educativos de TIC se entienden de manera similar para profesores y estudiantes de la Universidad. En primera instancia, el Internet fue el medio más percibido, pero, por un lado, los profesores identificaron que, para usarlo, las computadoras portátiles, o laptops, eran la herramienta con más presencia en sus clases; mientras que, para los estudiantes, las laptops eran usadas con la misma frecuencia que sus teléfonos inteligentes, o *smartphones*. Además, ambos grupos observaron que el proyector multimedia es la herramienta de apoyo más usada en sus clases dentro de la escuela, pero para el trabajo fuera de clase los profesores vieron al correo electrónico como el apoyo principal, mientras que los estudiantes lo hicieron con las redes sociales.

Así, para los profesores, las herramientas que más se utilizaron como recursos fueron el Internet, el correo electrónico y el proyector, siendo las tres proporcionadas por la universidad, aunque también mencionaron usar el *smartphone* y las redes sociales, pero solamente para situaciones personales. Para los estudiantes, como se muestra en la Figura 22, el proyector y el Internet fueron también elementos tecnológicos muy socorridos y provistos por la universidad como apoyo a sus clases, aunque consideraron que el *smartphone* y

la laptop eran más importantes para las actividades educativas, aunque estos sean propiedad de los mismos estudiantes.

Figura 22
Recursos de TIC identificados por estudiantes



En un aspecto diferente, los profesores mencionaron que las TIC están presentes en el diseño y preparación de sus materias y actividades formativas, pues las consideran útiles para los estudiantes. No obstante, los estudiantes objetaron que a pesar de que efectivamente, sí utilizaban estos recursos en clase, su uso no era completamente positivo, o no otorgaban un valor añadido a las actividades.

En general, tanto profesores como estudiantes no consideraron que los recursos proporcionados por la universidad estaban en buen estado, esto es, identificaron que a pesar de que las herramientas de TIC estaban presentes en todas las instalaciones universitarias, muchas veces no había esfuerzos por mantenerlos en óptimas condiciones.

Otro dato interesante encontrado fue que, para los profesores, la aceptación tecnológica es predominantemente positiva, especialmente con el uso de las TIC como apoyo a sus asignaturas, aunque algunos de ellos opinaron que el uso descuidado de las TIC podría limitar la calidad y efectividad de sus estudiantes. De manera similar, para los estudiantes, las respuestas al mismo tema fueron casi completamente positivas, con unas pocas negativas muy parecidas a las de los profesores, que tal vez fueron orientadas por comentarios en clase o por su propio estilo de aprendizaje.

Por otra parte, entrevistas con profesores del nivel superior revelaron que, para algunos de ellos, no era buena idea utilizar recursos de TIC ajenos a los provistos por la Universidad para realizar exposiciones o demostraciones en clase, y mucho menos para comunicarse con sus estudiantes. Incluso mencionaron que cualquier tipo de actividad educativa electrónica, debía de hacerse forzosamente en plataformas institucionales oficiales.

En este ejercicio también se observó que la opinión de los profesores sobre la preparación académica de los estudiantes de nuevo ingreso es variable, pues no mostraron creer que la mayoría ingresa con habilidades tecnológicas adecuadas, ya que esto dependía de su lugar de origen y condición social, hecho que compararon con los tipos de dispositivos electrónicos que utilizaban de forma personal –siendo la mayoría equipos de gama baja o de modelos antiguos– y con los servicios de conectividad a Internet con que contaban, pues la mayoría de los estudiantes no contaban con datos móviles o banda ancha en sus lugares de residencia, lo que hacía que requirieran usar el Internet y equipos de cómputo que se ofrecen en la Universidad de manera gratuita. Aunado a esto, identificaron que los jóvenes también carecían de habilidades como la investigación, el análisis y la abstracción, ya que, en sus términos, no sabían leer y solamente buscaban respuestas fáciles sin importarles si eran correctas o no.

Los profesores identificaron también que muchos de sus compañeros no estaban interesados en actualizarse en el uso de las TIC, y mucho menos en cambiar la

forma en que dan sus clases. En estos casos, los profesores que tienen una antigüedad considerable, no se preocupan por revisar el Modelo Universitario Minerva, pues ellos eran quienes dominan sus temáticas.

A su vez, nos hicieron ver que las herramientas de TIC que proporciona la Universidad solo se mantienen actualizadas por poco tiempo, pues no sabían que existieren planes concretos de renovación o cambio hacia nuevas tecnologías, al grado de ser ellos mismos quienes introducen nuevos equipos gracias a sus proyectos de investigación.

De este modo, encontramos que, para poder realizar una propuesta pertinente a la Universidad, es necesario alinearse con las particularidades identificadas por alumnos y profesores, y, aunque eso pueda parecer no ser lo mejor para la experiencia de aprendizaje, no es buena idea enfrentar las ideas enraizadas en la comunidad, con propuestas disruptivas que provocarían una baja aceptación. El ejercicio nos hizo ver que una propuesta adecuada debía adaptarse al estilo de cátedra del profesor, a los periodos institucionales y a los dispositivos limitados de los estudiantes.

9.1.2 Disponibilidad tecnológica

Una parte más que se reveló importante para una propuesta adecuada fueron los elementos tecnológicos disponibles en la infraestructura universitaria, los cuales se obtuvieron por medio de entrevistas con expertos del área de TIC en la Universidad.

En la infraestructura de *hardware*, se identificó que la universidad cuenta con grandes capacidades de procesamiento de cómputo, de almacenamiento, de virtualización y de servicios de infraestructura en la nube. En el *software*, también se observó que se cuenta con una gran variedad de sistemas de información, tanto con licenciamiento como libres, sistemas de administración de cómputo, de datos, y servicios de *software* en la nube. En los entornos educativos, se encontró

que la Universidad cuenta con diversos manejadores de contenidos educativos institucionales, instalados en la infraestructura de *hardware* y *software* institucional, o utilizados en servicios comerciales en la nube; en ambos casos mantenidos por profesionales de la institución, lo que significa que ofrecen buen rendimiento, funcionamiento y accesibilidad, aunque esto también significa que los lineamientos para utilizarlos son más estrictos.

Los sistemas educativos que se detectaron la universidad fueron:

- Ellucian Banner
- Microsoft Office 365
- Google Education
- Blackboard
- Moodle
- Scientiagenus

En tecnologías de comunicaciones, se reportó que la universidad cuenta con conectividad interna que oscila entre 10 Gbps y 1 Gbps, y hacia Internet con dos enlaces redundantes de 5 + 5 Gbps.

Por otro lado, la conectividad es siempre un asunto problemático para la ejecución de entornos de educación a distancia, ya que se asume que es el estudiante quien se acerca a esta modalidad educativa y por lo tanto es su responsabilidad tener lo necesario para recibir el material educativo. En el caso del *u-learning*, esto es parcialmente adecuado, ya que como se intenta utilizar los elementos tecnológicos que existen en el entorno del estudiante, se deben de considerar tanto las capacidades institucionales como las individuales de cada uno de los alumnos.

En este sentido, encontramos que el INEGI (Rojas & Navarrete, 2019) reportó que el 47% de los hogares en México contaba ya con una conexión a Internet, aunque en el estado de Puebla, este dato bajaba a solamente el 29.2%. Si tomamos los

estados vecinos que aportan más estudiantes a la BUAP, Guerrero, Veracruz, Tlaxcala y Oaxaca, este promedio cae aún más, al 28.32%.

Como una respuesta universitaria, se puso en marcha un programa institucional en apoyo a estudiantes para el periodo de confinamiento obligado por la pandemia de la COVID 19, y se les proporcionó a seis mil estudiantes que no contaban con conexión a Internet en sus domicilios. Este apoyo consistió en equipos móviles de conexión a Internet con banda ancha de 10Mbps.

El equipamiento de cómputo que tienen los estudiantes se identificó como otro punto débil. Poco menos de la mitad de los hogares mexicanos contaban en 2019 con una computadora, y en Puebla era sólo el 37.4%. (Rojas & Navarrete, 2019). Nuevamente el programa universitario de apoyo tecnológico y de conectividad ayudó a mejorar el equipamiento de los estudiantes con el préstamo de seis mil computadoras portátiles Google Chromebook, desde las cuales era posible acceder a los sistemas institucionales de la universidad a través de los módems móviles. Asimismo, encontramos que la conectividad externa podía mejorar un poco con el uso de la telefonía celular, que a nivel nacional era del 72.2% (Rojas & Navarrete, 2019), ya que esos 80.7 millones de personas son usuarios de teléfonos inteligentes (*smartphones*), y entre ellos estaban los estudiantes poblanos.

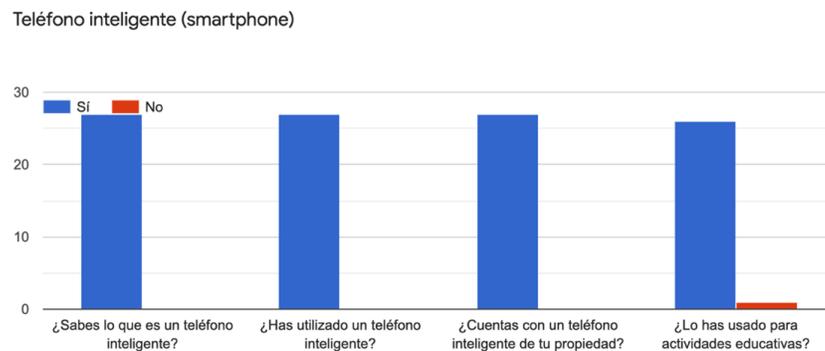
Más allá de teléfonos inteligentes y computadoras encontramos otras oportunidades, la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares del INEGI (ENDUITH) reportó que el 23.4% de los usuarios de Internet se conectaron a través de una televisión inteligente (*smart tv*), o un dispositivo adaptado a la TV, el 17.8% con una tableta digital y el 8.4% usó una consola de videojuegos (INEGI, 2020).

9.1.3 Uso de elementos tecnológicos

Con nuevas encuestas aplicadas durante el mes de noviembre del 2020, pudimos obtener los elementos tecnológicos ya utilizados en la asignatura FHS.

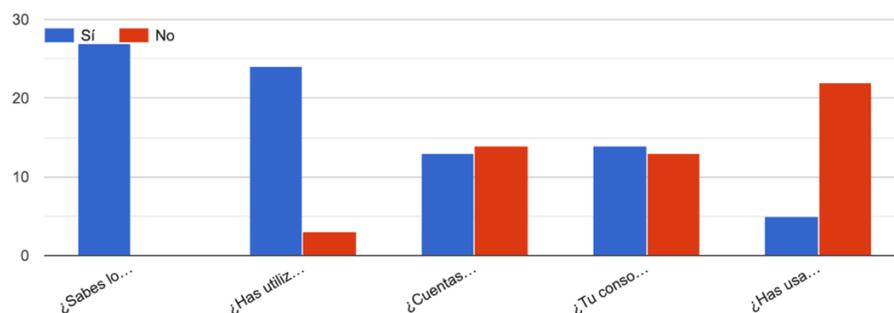
Identificamos que la gran mayoría de estudiantes conocían dispositivos personales de cómputo como el *smartphone* (Figura 23), la tableta digital, la laptop, los *wearables* (usables), las consolas de videojuegos y los televisores inteligentes, pero pocos conocían las terminales móviles de cómputo; vimos también que reconocen tener mayor dominio de los dispositivos que se pueden considerar convencionales, como el *smartphone*, la tableta digital y la laptop, pero no tanto con los *wearables*, las consolas de videojuegos y las televisiones inteligentes.

Figura 23
Familiaridad de los estudiantes con el smartphone



El mismo resultado se obtuvo con el uso de estos dispositivos para el aprendizaje, donde los más usados son los *smartphones* y la laptop, y los menos usados los *wearables* y las consolas de videojuegos. como se muestra en la Figura 24.

Figura 24
Familiaridad de los estudiantes con la consola de videojuegos



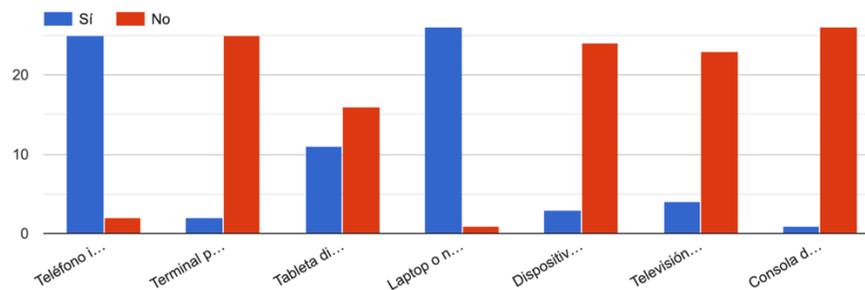
Una distribución parecida se encontró con las tecnologías de comunicación. Además del uso de la Internet como medio de comunicación preferido, los códigos de respuesta rápida (QR), el Bluetooth y la localización de la ubicación por el GPS, fueron las tecnologías que más dominan los estudiantes, aunque en muy poca medida lo han usado con fines educativos. Por el lado contrario, la identificación por radio frecuencia (RFID) y la comunicación por campo cercano (NFC) son tecnologías que no eran cercanas a ellos, a pesar de estar presentes en casi todos los *smartphones*.

Aún más, los estudiantes entrevistados reportaron solamente haber utilizado el *smartphone* y la laptop como parte de sus actividades en la asignatura FHS (Figura 25), pues no había razón alguna para utilizar los otros. De manera similar, con las tecnologías que identificaron haber utilizado en su clase, sólo mencionaron al Internet, y en muy pocas ocasiones, el sistema de GPS.

Figura 25

Dispositivos utilizados en la materia Formación Humana y Social

Cuando tomaste la materia Formación Humana y Social en la BUAP ¿Utilizaste los siguientes dispositivos para realizar las actividades del curso?



No obstante, los estudiantes notaron las amplias posibilidades de incorporar dispositivos como los *wearables* y las televisiones inteligentes en el aprendizaje, no así con las consolas de videojuegos. Respecto a las tecnologías no hay una tendencia clara sobre cuáles se incorporarían mejor al proceso educativo, aunque identificaron a los códigos QR y al GPS como los que les presentan mejores posibilidades de adopción, tal vez porque son dos conceptos que se utilizan con regularidad en campañas de comunicación y de marketing del día a día.

Las opiniones de los estudiantes reflejaron la oportunidad de utilizar medios tecnológicos en materias transversales como la de Formación Humana y Social, ya que, muchas veces los temas salen del foco específico de su carrera universitaria, y por lo tanto no son tan atractivos para ellos, pero al recibirlos por medios innovadores, se sienten más motivados para estudiarlos.

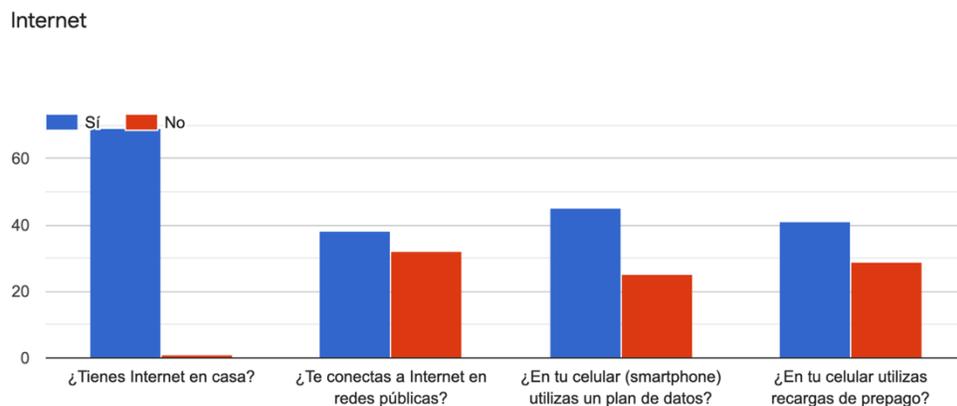
Además de las tecnologías presentes para estudiantes universitarios, también descubrimos información sobre las costumbres tecnológicas de estudiantes preuniversitarios.

Encontramos que estos jóvenes son más cercanos al *smartphone* que a las laptops. Los demás dispositivos sí son conocidos para ellos, con excepción de la terminal de cómputo móvil (tal vez debido a su uso casi exclusivo en la industria),

aunque en muy bajo porcentaje usados para actividades educativas. En este punto, es notorio que reportaron dominar más los dispositivos como consolas de videojuegos, televisiones inteligentes y *wearables*, que sus contrapartes universitarias, aunque, nuevamente, rara vez los utilizan para actividades educativas.

Al preguntarles sobre las tecnologías de comunicación que utilizan con sus dispositivos de cómputo, al igual que los estudiantes universitarios, mencionaron que la adopción que tienen de la internet es generalizada, y la mayoría de ellos indicó contar con una conexión en casa (Figura 26).

Figura 26
Uso de Internet por aspirantes a universitarios



Respecto a la interacción, además del internet, reportaron también haberla realizado con las tecnologías más comunes, como el GPS, el Bluetooth y los códigos QR, con uso equilibrado en situaciones de formación. Sin embargo,

tecnologías como el NFC y el RFID no fueron reconocidas por la mayoría de los estudiantes de educación media superior que contestaron el instrumento.

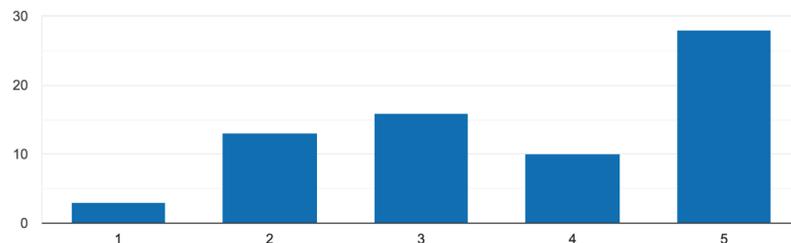
En los cursos que mencionaron haber llevado, el *smartphone*, tableta digital y laptop fueron nuevamente los dispositivos más recurridos, aunque aceptaron que era posible utilizar televisiones inteligentes en la educación (Figura 27), y en menor medida los dispositivos *wearables* y las consolas de videojuegos. Consecuentemente a su falta de conocimiento del NFC y del RFID, estas tecnologías no las consideraron como elementos importantes por incluir en sus clases.

Los estudiantes encuestados mencionaron de manera general su preocupación por las clases a distancia, debido a que en sus experiencias previas, han tenido profesores que no intentaron conectar con ellos, y se dedicaron a solicitar actividades educativas que ellos consideran aburridas, aunque sí se mostraron interesados por recibir clases en nuevos medios y con formatos más interactivos y menos formales, ya que creen que además de mejorar su experiencia, pueden aprender a usar nuevas tecnologías que les servirán en su mundo productivo futuro.

Figura 27

Consideración del uso de la Smart TV para mejorar la accesibilidad en clase

Televisión inteligente (Smart TV)
70 respuestas



En ambos casos, en aspirantes a estudiantes y en antiguos estudiantes, fue notable la opinión externada sobre las carencias que han observado en los

docentes, mencionando que la mayoría de ellos no cuenta con la preparación adecuada para utilizar los medios digitales como base para una clase.

9.2 Elementos del *u-learning*

Además de las particularidades tecnológicas presentes en la BUAP, otro de los hallazgos importantes del proceso de intervención fueron los rasgos característicos del *u-learning*.

En general, el aprendizaje está presente a lo largo de la vida del ser humano, pero la amalgama que da razón al aprendizaje ubicuo proviene de la intencionalidad de formar al individuo por múltiples variantes espaciales y temporales bajo una perspectiva institucional que sistematice la curación del contenido educativo. Así, se encontró que existen diversas dimensiones que aplican el carácter ubicuo al aprendizaje, y que deben de abordarse con la intención de equilibrar las bondades de esta modalidad de aprendizaje, con las necesidades de los usuarios y el contexto de la institución.

Así, identificamos que estas características responden a las facetas de implementación, al diseño de la experiencia y a la aumentación del proceso de aprendizaje, por lo que, como se observa en la Tabla 8, al sintetizar estos fundamentos, encontramos que era posible segmentarlas.

Tabla 7
Segmentación de características del u-learning

Diseño (Yahya et al., 2010)	Implementación (Carmona & Puertas, 2012)	Aumentación (Burbules, 2014)
-Accesibilidad	-Accesible	-Sentido espacial
-Inmediatez		-Temporalidad
-Permanencia	-Permanente	
-Interactividad	-Colaborativo	-Interconexión
-Consciencia del contexto	-Natural	-Practicidad
	-Continuado	-Portabilidad
		-Redes y flujos

Nota: elaboración propia basada en Yahya et al. (2010), Carmona y Puertas(2012) y Burbules (2014).

En esta agrupación de características, encontramos algunos aspectos presentes en la aplicación del *u-learning* que, sumados, permiten ofrecer al estudiante una experiencia ubicua de aprendizaje.

El primer aspecto que se identificó es la diversificación del acceso al sistema de aprendizaje, eliminando las constantes temporales y espaciales impuestas por el aula (Aparicio-Martínez et al., 2019; Chin et al., 2015; de Sousa Monteiro et al., 2016; Moreno López et al., 2017; Wen & Zhang, 2015). En este sentido, se trata de remover las ataduras institucionales al aprendizaje, como el aula y el discurso unidireccional, al ponerlo disponible en todos lados, a todo momento, de manera síncrona y asíncrona, lo que significa la posibilidad de un acceso fluido y permanente al material formativo.

Otro aspecto hallado fue la naturaleza tecnológica de la que se vale el modelo para alcanzar el primer elemento (Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; de Sousa Monteiro et al., 2016). Por una parte, se encontró su implicación a la aumentación del proceso educativo a través de las TIC con medios y contenidos digitales (Hwang, 2014) y por otra la interacción, interconexión, adaptabilidad e interoperabilidad disponibles gracias a la proliferación y mejora continua de las capacidades tecnológicas en los dispositivos personales inteligentes (Burbules, 2014; de Sousa Monteiro et al., 2016; Graf & Kinshuk, 2008; Hwang et al., 2020; Wu et al., 2014).

En este mismo sentido, se detectó un aspecto muy cercano al anterior, pero aun así importante de diferenciar, que fue la consciencia del contexto del usuario, es decir, la captura que realiza el sistema de aprendizaje ubicuo de la información del entorno en la realidad del usuario, que servirá como base de la personalización y el aprovechamiento en elementos situacionales (Chang & Yeh, 2014; Hsu et al.,

2016; Huang & Chiu, 2015; Hung et al., 2014; Kong et al., 2017; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Valenzuela-Valdés et al., 2016).

El último aspecto identificado fue la practicidad, donde la experiencia del aprendizaje ubicuo se levanta como un espacio permanente para la creatividad, la solución de problemas, la colaboración y la experimentación en el que se promueve la participación y atención del estudiante mientras se siguen de manera oportuna los lineamientos institucionales. Esto permite la aplicación de diversas estrategias pedagógicas como el aprendizaje situado, el aprendizaje real, el aprender haciendo y el aprendizaje universal (Chang & Yeh, 2014; Hsu et al., 2016; Huang & Chiu, 2015; Kong et al., 2017; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019).

Estos aspectos, se relacionan directamente con los elementos previamente descritos para la implementación general del *u-learning*, mismos que se muestran en la Tabla 8, y que nos permitieron conjuntar las perspectivas institucionales y tecnológicas en una misma estrategia.

Tabla 8
Elementos del u-learning

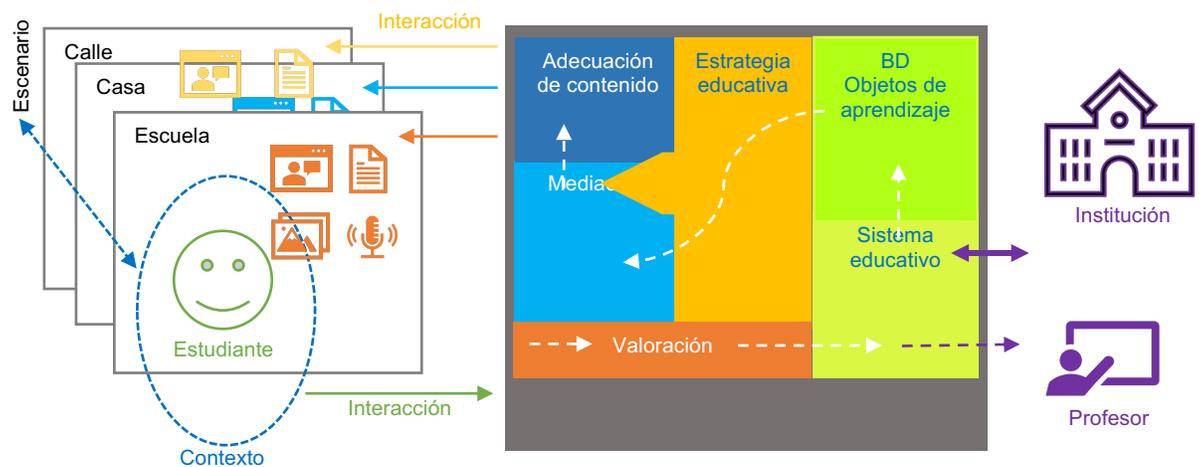
Elemento	Descripción	Aspecto
Escenario de aprendizaje	Escenario elegido, lugar y forma del proceso educativo	Practicidad
Estrategia educativa	Enfoque pedagógico, momentos y tipos de actividades	Practicidad
Sistema de control central	Plataforma de cómputo que soporta las actividades educativas	Naturaleza tecnológica
Consciencia de la situación del usuario	Mecanismos para obtener información del contexto del estudiante	Consciencia del contexto
Interacción con el usuario	Herramienta tecnológica para intercambiar información entre el sistema de control y el usuario	Diversificación

9.3 Modelo de *u-learning*

La estrategia de diseño se basó en el contexto institucional, tanto pedagógico como tecnológico de la BUAP. Así, cuidando cubrir los elementos necesarios para su implementación, utilizamos al ecosistema tecnológico y a las condiciones administrativas existentes como factores de desarrollo de un modelo que permitiese facilitar el aprendizaje de los estudiantes con mecanismos de *u-learning*.

El modelo, como un conjunto de opciones asumidas por la institución para formar al estudiante (Bazán, 2014), utiliza los ideales del modelo educativo de la BUAP (MUM), que, al ser de corte constructivista (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2007), busca que el estudiante construya su aprendizaje de manera interna, con relación a la relevancia y significancia de lo que percibe como parte de su realidad (García & Fabila, 2011).

Figura 28
Esquema del modelo



El modelo planteado se observa en la Figura 28. Coloca en su centro al estudiante y, a su alrededor, la interacción con su mundo sirve para definir su situación, y una plataforma tecnológica realiza una mediación para adecuar contenidos educativos obtenidos de objetos de aprendizaje diseñados para seguir la estrategia pedagógica de la Universidad. De este modo, el estudiante obtiene una experiencia educativa oportuna y personalizada, y el sistema educativo, tanto su profesor como la institución, una valoración de su aprendizaje.

Este modelo involucra una plataforma tecnológica que es un complemento para el aprendizaje en el aula, se añade a la práctica del docente y ofrece una herramienta que contextualiza las lecciones de la clase para que cada estudiante utilice la versión que le sea más adecuada. Además, busca que el estudiante se vea motivado a aprender más, accediendo a los materiales de acuerdo con sus preferencias de aprendizaje, facilitando así el trabajo del profesor, pero tomando en cuenta que cualquier duda puede ser resuelta directamente con éste.

9.3.1 Escenario de aprendizaje

Con el contexto institucional definido, el modelo propuesto plantea que el proceso educativo se realice en un entorno híbrido. Así, la implementación sería accesible dentro de las instalaciones universitarias, pero también en ambientes externos en los que el estudiante tenga permanencia, un ejemplo es su hogar, lo que es especialmente útil en la época actual, en la que ya vivimos un aislamiento forzoso que impidió que los estudiantes accedieran de manera regular a su escuela. Para aprovechar esta característica, es necesario que el estudiante sea capaz de seguir las instrucciones formativas de manera asíncrona y auto dirigida.

9.3.2 Estrategia educativa

Para este elemento, nos ceñimos al constructivismo como la teoría educativa utilizada en el modelo universitario, y en especial en la materia Formación Humana y Social, por lo que, según los objetivos de la materia, la propuesta se adecuó al aprendizaje situado y significativo, permitiendo que el estudiante experimente situaciones reales que le otorguen sentido y pertinencia a las actividades formativas.

En consecuencia, con esta estrategia definida realizamos los objetos y secuencias de aprendizaje ofrecidos en el sistema.

La secuencia didáctica utilizada en el curso (Figura 29) inicia con una prueba diagnóstica, continua con las lecciones en secuencia de la unidad temática, y dentro de cada una de ellas se ofrecen tres objetos digitales de aprendizaje en formatos diferentes para que el estudiante elija el que le sea más conveniente, tanto en cuestión de estilo como situacional. Estos objetos son equivalentes, por lo que pueden actuar de manera horizontal como materiales complementarios; después del material de estudio se incluye una prueba rápida para corroborar lo aprendido, y se concluye con una actividad y una prueba finales.

En el diseño de los objetos digitales de aprendizaje, debido a la utilidad y a la aceptación mostradas durante la intervención, se utilizaron los formatos de video, audio y texto.

Además, se añadió material contextual dentro de los objetos de aprendizaje utilizando dos dimensiones para permitir la anidación del contexto, primero el tiempo y después la ubicación, con dos variantes situacionales para la temporalidad y tres para la espacialidad. De tal modo que, como se observa en la Figura 30, un solo objeto de aprendizaje (OA) tiene seis variaciones para adecuarse al contexto del estudiante.

Aunado a esto, la temática elegida de la asignatura correspondiente se conformó por cuatro lecciones, y tomando en cuenta que se decidió utilizar tres formatos

diferentes para el material educativo, se necesitaron 12 OA normales y 72 OA situados. Así, se crearon 84 objetos digitales de aprendizaje diferentes, entre archivos de texto, videos y archivos de audio accesibles por *streaming* bajo demanda.

Figura 29
Secuencia didáctica del modelo

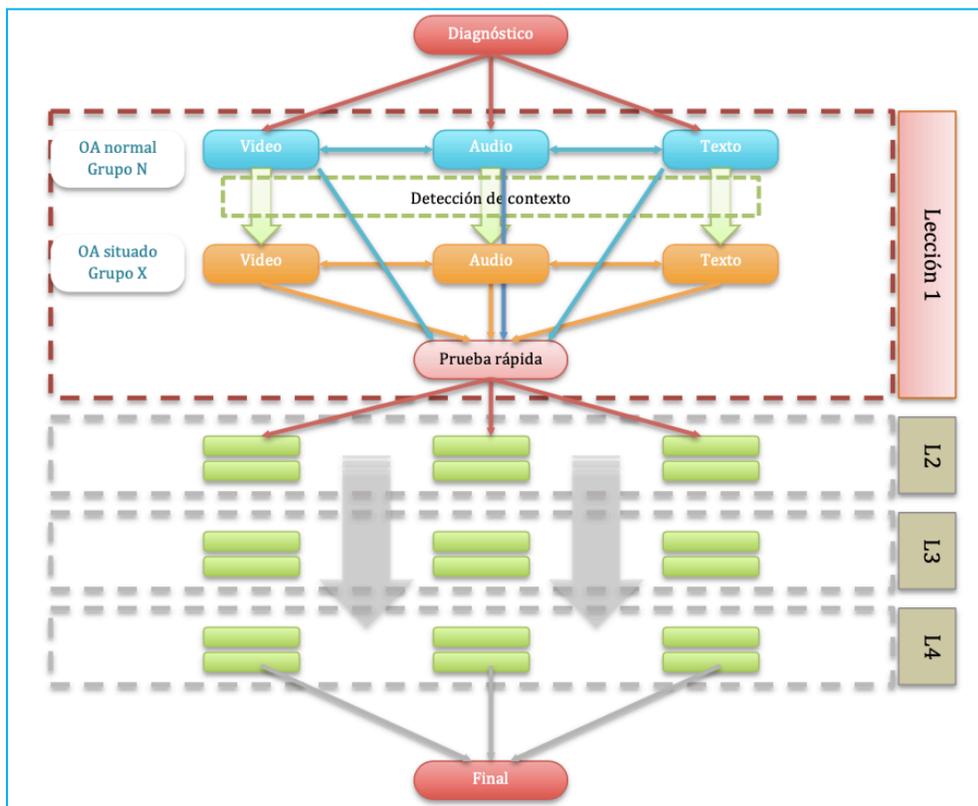
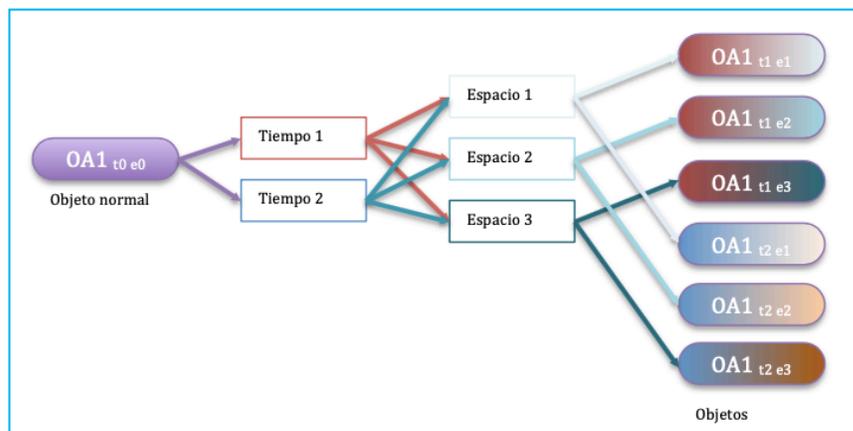


Figura 30
Variaciones situacionales en los OA



Los videos se desarrollaron para tener una duración corta, con lenguaje sencillo y exponiendo información relevante de la lección correspondiente, con lo que buscamos mantener a los estudiantes interesados y concentrados en la temática,

ya que, durante el acercamiento a los jóvenes, observamos que cualquier material audiovisual con una duración mayor a 10 minutos era rechazado. En la Figura 31 mostramos un ejemplo de un OA en formato de video siendo reproducido.

Figura 31
Archivo de video en reproducción



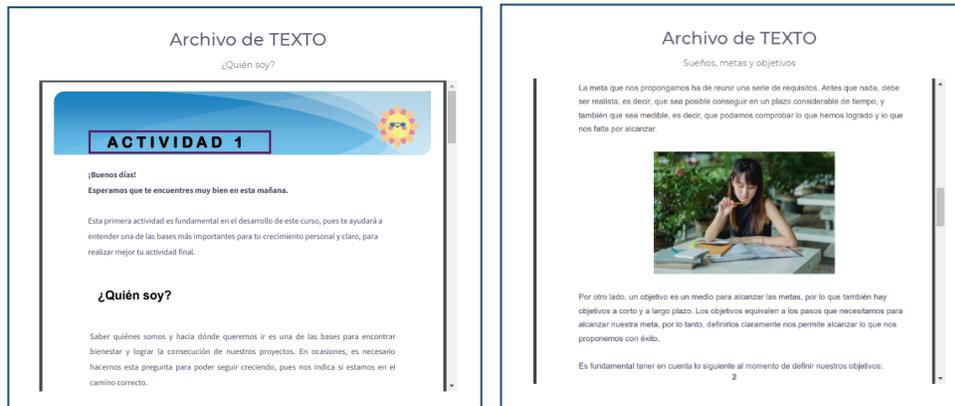
A su vez, en la producción de los archivos de audio se siguieron las mismas características y fueron publicados como podcasts; en la Figura 32 se encuentra un ejemplo de un OA de audio situado mientras se reproduce.

Figura 32
Archivo de audio en reproducción



Por su parte, los documentos de texto se exportaron como archivos en PDF, y se mostraron a través de un visor web. Esto se puede observar en la Figura 33, donde se presenta el archivo de texto situado de la primera actividad del curso, y otro archivo de texto de la segunda actividad, pero sin contenido contextual.

Figura 33
Archivos de texto en pantalla



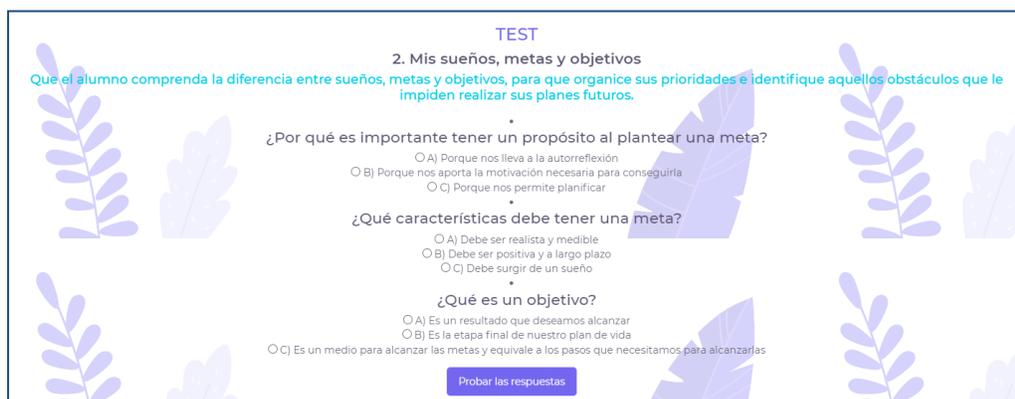
Nota. Elaboración propia

Las pruebas diagnóstica y final, se realizaron como cuestionarios en línea sobre la plataforma Google Forms, y las pruebas rápidas se hicieron en formularios de HTML como parte de las lecciones para reforzar el aprendizaje. En este sentido, la Figura 34 muestra la prueba diagnóstica, mientras que la Figura 35 presenta un ejemplo de una prueba rápida.

Figura 34
Cuestionario en línea de la prueba diagnóstica

The screenshot shows a web form titled "Prueba diagnóstica". Below the title is a welcome message: "Bienvenido a esta actividad, por favor realiza el siguiente test antes de comenzar." The main question is "¿Cuál es el aspecto más importante a considerar en la construcción de nuestra identidad? *". There are three radio button options: A) "Que la construcción de la identidad implica un proceso de reconocimiento", B) "Que la construcción de la identidad debe ser acorde a las normas sociales", and C) "Que la construcción de la identidad debe evolucionar con el tiempo".

Figura 35
Prueba rápida de la lección dos



9.3.3 Sistema de control central

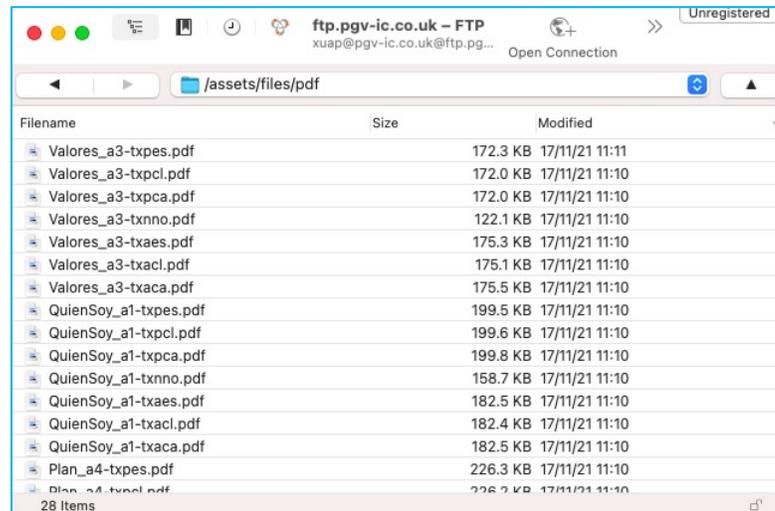
La naturaleza tecnológica del modelo se observa en el sistema de control, que se desarrolló como una aplicación web cliente-servidor, utilizando tecnologías de cómputo libres, para la infraestructura, publicación y manejo de la base de datos. Este tipo de aplicaciones son fácilmente ejecutadas en los dispositivos con disponibilidad para profesores y estudiantes de la Universidad, como los teléfonos inteligentes y computadoras portátiles, e incluso, por cualquier otro dispositivo con un navegador web.

Para la infraestructura se usó un servidor de cómputo con sistema operativo Linux CentOS v7, el servidor web Apache con librerías de PHP v8 para su publicación y ejecución, y el manejador de base de datos Maria DB v10. Se instaló en una instancia independiente a los entornos virtuales que actualmente se utilizan de manera institucional, y se configuró un sistema espejo en una nube pública para mejorar la disponibilidad de la información. Se decidió no utilizar los entornos virtuales de aprendizaje oficiales para no confundir a los estudiantes y ofrecerles un espacio separado con reglas propias, que pudiera identificarse como un ejercicio de innovación educativa.

Para alojar los objetos de aprendizaje y que se pudieran visualizar de manera sencilla se utilizó el mismo espacio de *hosting* (Figura 36) que la aplicación central. Por su parte, para el material educativo que se ejecuta por *streaming*, se

utilizaron plataformas externas. Para los videos se usó plataforma Spark de Adobe, y para los archivos de audio se ocupó la plataforma Anchor de Spotify. Estas decisiones ayudaron a maximizar las posibilidades de acceso de los estudiantes a través de sus dispositivos inteligentes.

Figura 36
Carpeta de OA de texto en el hosting alterno

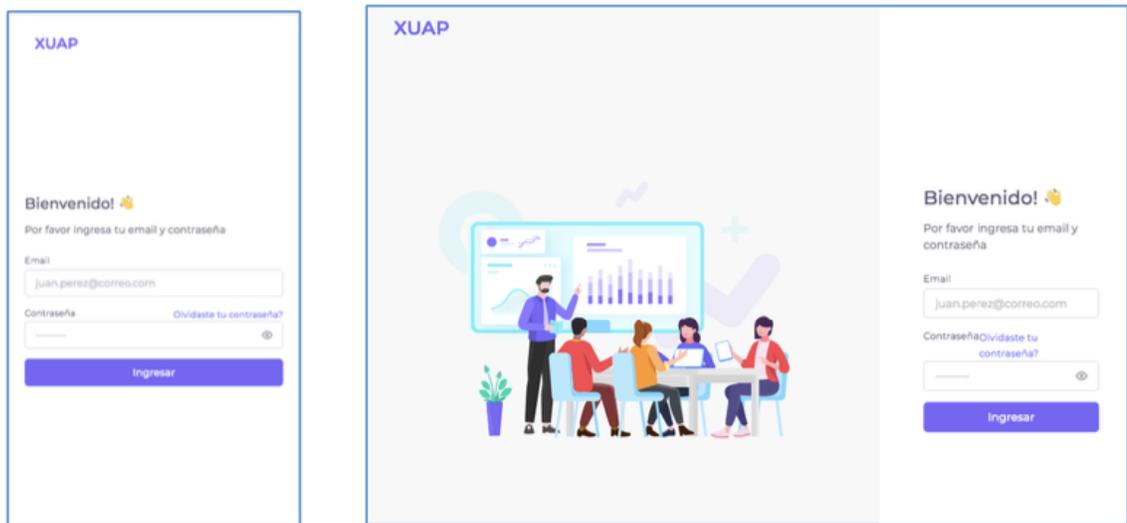


El sistema se denominó XUAP, como acrónimo de una experiencia ubicua de aprendizaje personalizado a las condiciones de cada estudiante, además de ser parecido a las siglas de la Institución (BUAP). Así, se diseñó para ser ágil, adaptable a los dispositivos de los usuarios y usable, cubriendo los elementos de interacción con los usuarios, facilitar contenidos según la consciencia del contexto y, en general, realizar la coordinación de las actividades de los usuarios de la plataforma.

Una de estas funciones es la de administrar el acceso de los estudiantes al material educativo del curso de manera similar a la que utilizan los entornos virtuales de aprendizaje que ya han utilizado antes. En la Figura 37 se muestra la página de acceso al sistema, desde donde cada estudiante ingresa a sus lecciones, o puede solicitar apoyo en el caso de haber perdido sus datos de acceso.

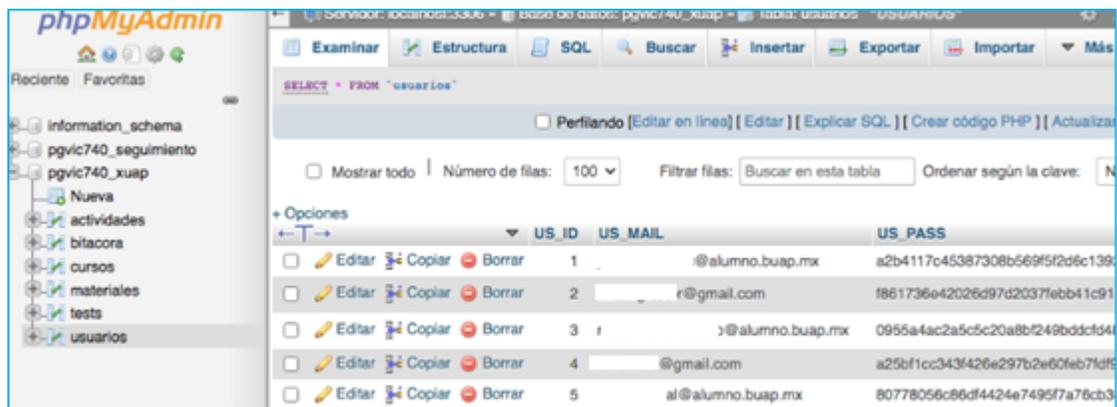
Otra parte de la administración de usuarios corresponde a la aceptación de las condiciones de su participación como estudiantes, y al manejo seguro de sus datos personales. Para asegurarlo, se decidió que cada estudiante se registrase personalmente, de modo que en la base de datos solamente fueran visibles los datos institucionales de los alumnos, y se encriptaran otros datos personales.

Figura 37
Pantalla de login desde un smartphone y desde una laptop



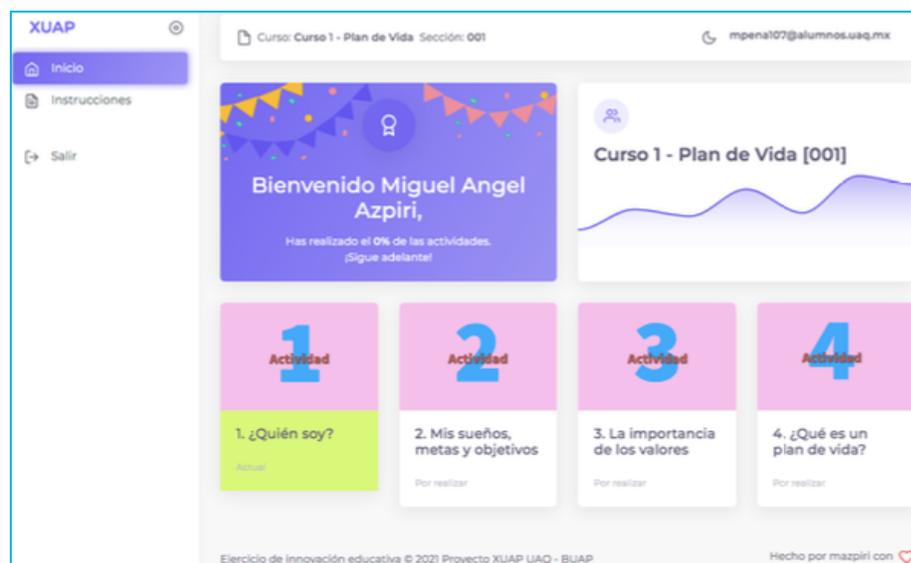
En la Figura 38 se observa un fragmento de la tabla de usuarios en la base de datos, donde solo su identificador numérico y su correo electrónico son visibles, mientras que otros datos se muestran encriptados.

Figura 38
Fragmento de la tabla usuarios en la base de datos del sistema



Además, por cuestiones de usabilidad y agilidad en el sistema, se utilizó una pantalla principal desde donde el estudiante pudiera observar el proceso completo que debía de realizar. En este sentido, en la Figura 39 se muestra esta pantalla, donde se encuentra la información del estudiante y las cuatro lecciones del curso aplicado.

Figura 39
Pantalla principal del sistema



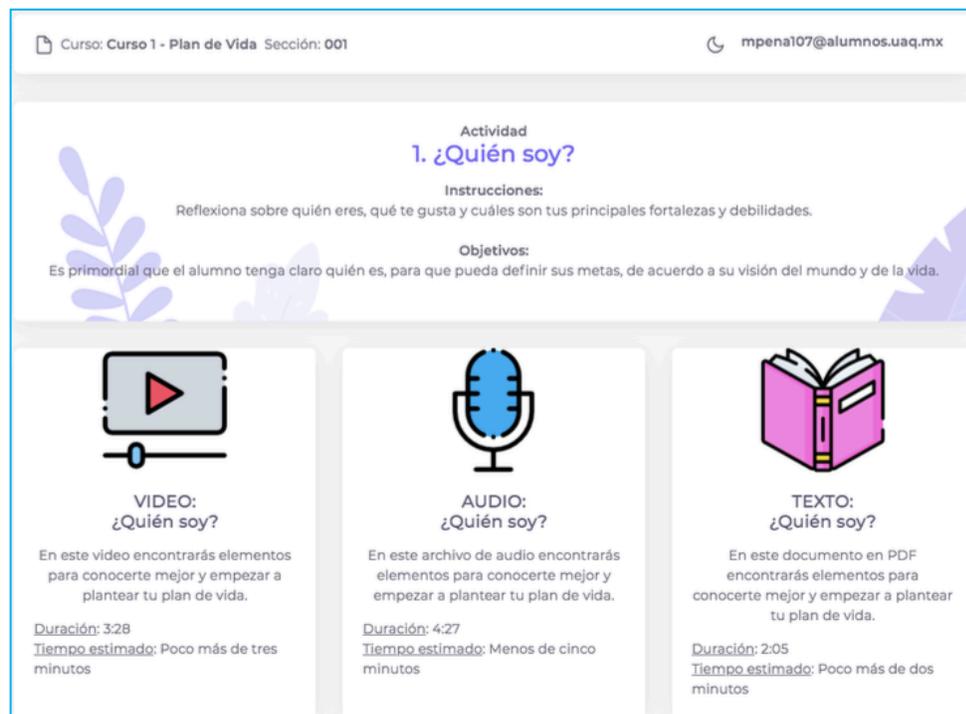
9.3.4 Interacción con el usuario

El sistema de control desarrollado se encarga de manejar la interacción entre el estudiante y la experiencia de aprendizaje a través de la pantalla de la actividad vigente.

En aplicación que hicimos, al ingresar a la actividad que el estudiante debe de realizar, se muestra en pantalla la información general de la lección: el título, las instrucciones y los objetivos. Además, se muestran las opciones para acceder al material educativo.

En la Figura 40 se puede ver esta pantalla de actividades, donde en la parte inferior se encuentran los íconos correspondientes a los objetos digitales de aprendizaje correspondientes a esa actividad, de ese curso.

Figura 40
Pantalla de actividad actual

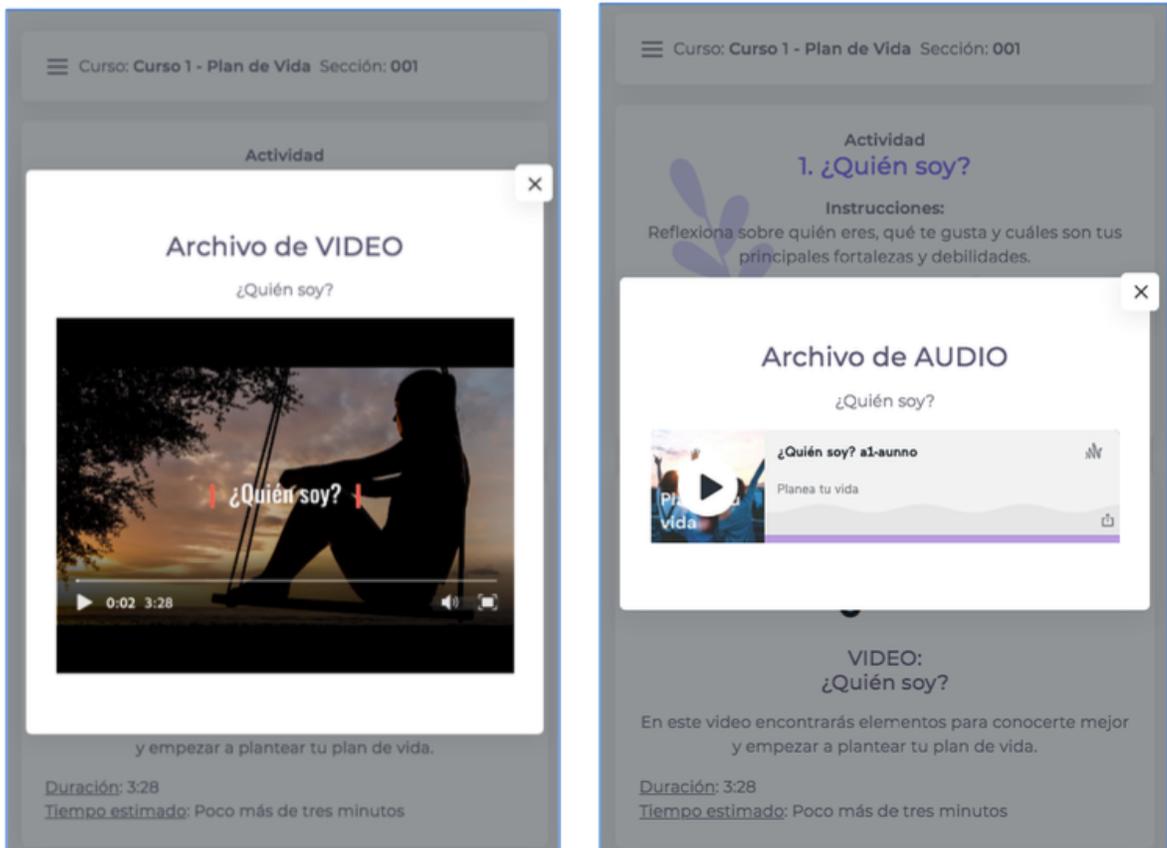


Para cada objeto de aprendizaje se muestra su formato, título, descripción breve, longitud y el tiempo estimado que el estudiante invertirá en revisarlo. De este modo, cada alumno puede optar por su elección preferida.

Al elegir su formato preferido, como se observa en la Figura 41, se accede a la pantalla emergente específica de ese objeto de aprendizaje, en este ejemplo, un OA de video y otro de Audio, vistos desde un *smartphone*. Como ambos objetos deben de ejecutarse en *streaming*, lo que se muestra es elemento embebido en nuestro sistema desde la plataforma donde se albergan los archivos.

Figura 41

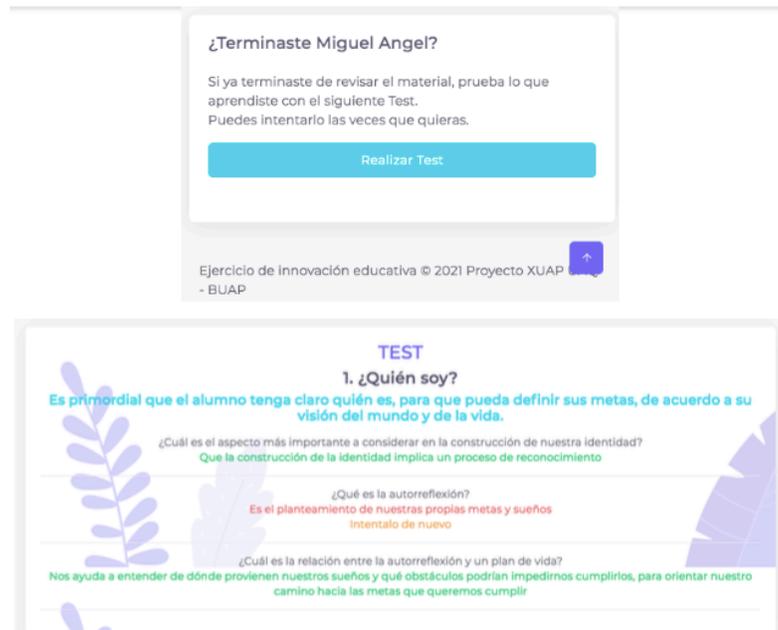
Pantalla emergente de un video y un podcast



Otro ejemplo de la interacción que se manejó en el sistema es la prueba rápida, ejecutada en el servidor y desplegada a estudiante en una nueva pantalla con un formulario web. En estas pruebas, el estudiante pudo revisar el conocimiento que adquirió después de la lección. Para ejemplificar este elemento, la Figura 42 muestra el botón de acción para acceder a la prueba, y la pantalla de revisión de las respuestas.

Figura 42

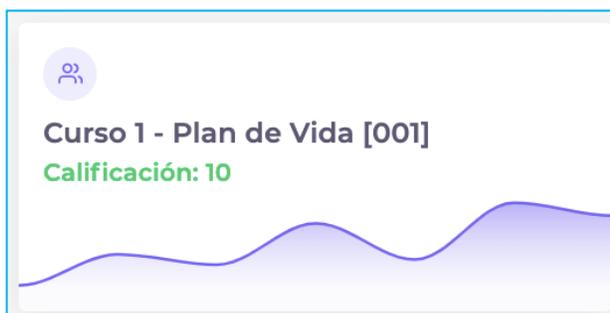
Botón de acción para prueba rápida y mensaje de revisión de respuestas



Después de realizar las actividades programadas y la actividad final, el estudiante recibe en la plataforma su calificación, además de la retroalimentación correspondiente por correo electrónico. La Figura 43 muestra el panel con la calificación obtenida, que se despliega en la pantalla principal de la aplicación.

Figura 43

Botón de acción para prueba rápida y mensaje de revisión de respuestas

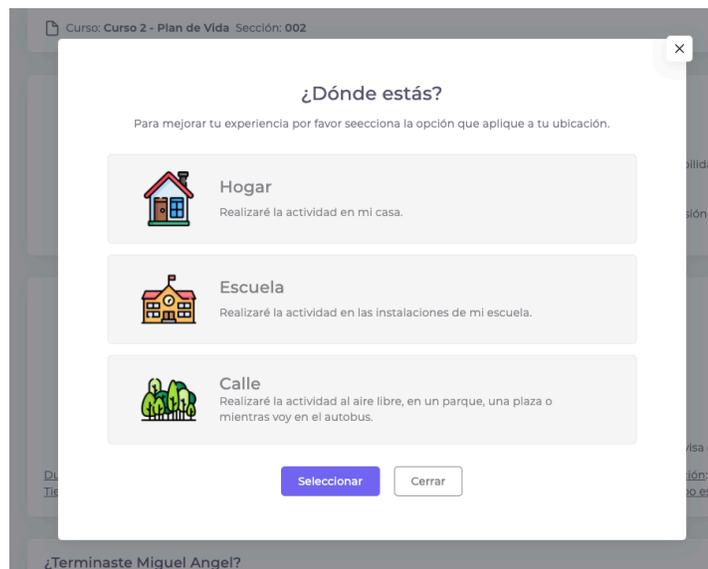


9.3.5 Consciencia de la situación del usuario

Finalmente, el sistema de control se preparó también para coordinar el despliegue de los objetos de aprendizaje con material situado, según la información contextual del estudiante. Esto, se diseñó pensando en las capacidades y tipos de dispositivos por los que ingresarían los estudiantes a la aplicación, y en las situaciones de limitada movilidad que, durante la intervención, podrían ser experimentadas por los alumnos.

Así, el sistema de control obtiene del dispositivo, desde donde ingresa a la aplicación el estudiante, algunos datos como la ubicación, la dirección electrónica en Internet del dispositivo y la hora en que está interactuando con la aplicación. Cuando por alguna situación el dispositivo oculta la ubicación, –que puede ser causada por un *proxy*, *firewall* o preferencias del usuario– el sistema manda un mensaje (Figura 44) para que el estudiante seleccione la opción más parecida a la ubicación que tiene en ese momento, con lo que nuevamente se completa el perfil temporal de su contexto.

Figura 44
Pantalla de recuperación de ubicación del estudiante



A estos datos se suman la actividad que el estudiante está realizando y el formato del archivo preferido por el estudiante, lo que, en combinación, permite que el sistema seleccione el material de estudio situado que corresponda.

En consecuencia, cuando un estudiante realiza una actividad dentro de la aplicación, el sistema de control le despliega un objeto de aprendizaje con segmentos situacionales, como ejemplos, frases o pequeñas actividades de reflexión que le permitan tener una experiencia personalizada y significativa a su contexto.

9.4 Aplicación del modelo de *u-learning* en estudiantes de FHS

Para aplicar el modelo desarrollado, nos pusimos en contacto con diversos profesores de la asignatura FHS en la Universidad, para solicitarles su participación en el ejercicio de innovación educativa. Al final, siguiendo la

estrategia planteada, tuvimos acceso a cuatro profesores con grupos de nuevo ingreso en el periodo de otoño 2021.

El curso aplicado trató de la planificación de vida, que es el último tema que se trata en la asignatura Formación Humana y Social, por lo que los profesores participantes solicitaron que la aplicación se realizara a finales del mes de noviembre, para coincidir con su plan de estudios.

Así, con los grupos de las asignaturas disponibles se conformaron dos nuevos grupos para llevar a cabo el experimento. El primer grupo se formó con los estudiantes de nuevo ingreso de dos profesores y el segundo por los estudiantes de los dos profesores restantes.

Siguiendo la metodología ya definida en nuestra investigación, el primer grupo, con 56 alumnos, actuó como grupo de control, y el segundo grupo, con 51 alumnos funcionó como experimental.

Los estudiantes de ambos grupos recibieron una guía de participación por parte de sus respectivos profesores, en donde se les indicaron los tiempos para realizar el ejercicio y las instrucciones de este.

La plataforma tecnológica de sustento al modelo fue la aplicación web XUAP, cuyas características permiten que, de manera automática, los estudiantes de cada grupo obtengan el material adecuado. A los pertenecientes al grupo de control, el sistema les desplegó material educativo estático e igual para todos. Por su parte, a los pertenecientes al grupo experimental, el sistema les desplegó contenido dinámico, personalizado con fragmentos situacionales según su contexto. Para medir el avance de los estudiantes, a cada grupo se le aplicaron pre-tests y post-tests.

Para las pruebas, se trabajó con los profesores miembros del equipo de trabajo una serie de preguntas que sintetizaban los conocimientos a adquirir en esa unidad temática y se validaron por juicio de expertos. En la Tabla 9 se muestran los reactivos utilizados en las pruebas.

Tabla 9*Reactivos de las pruebas*

Lección	Reactivo
¿Quién soy?	¿Cuál es el aspecto más importante para considerar en la construcción de nuestra identidad?
	¿Qué es la autorreflexión?
	¿Cuál es la relación entre la autorreflexión y un plan de vida?
Sueños, metas y objetivos	----- ¿Por qué es importante tener un propósito al plantear una meta?
	¿Qué características debe tener una meta?
	¿Qué es un objetivo?
Valores	----- ¿Qué son los valores?
	¿Qué tipo de valores existen?
	¿Cuáles son tres valores fundamentales que deberíamos tener como profesionistas?
Plan de vida	----- ¿Qué es un plan de vida?
	¿Cuáles son los dos primeros pasos necesarios para crear un plan de vida?
	¿Qué es la planificación?

Los datos estadísticos obtenidos en el pre-test (Tabla 10) nos permitieron identificar, por una parte, que ambas muestras no seguían una distribución normal, lo que corroboramos con la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, en la que los grupos de control y experimental obtuvieron p-valores de 1.414e-05 y 9.602e-07

respectivamente, por lo que para un α de 0.05, quedaron fuera de la zona de aceptación de la H_0 , lo que implica una distribución no normal; y por otro lado, que ambas varianzas eran similares, lo que corroboramos con la prueba de Fligner-Killeen, en la se obtuvo un p-valor de 0.08035, con lo que, para α de 0.05, se acepta la H_0 , mostrando que no se encuentran diferencias significativas en las varianzas de ambos grupos, por lo que existe la homocedasticidad entre ellos.

Tabla 10
Estadística descriptiva del Pre-test

	<i>G experimental</i>	<i>G control</i>
Media	7.196	7.107
Mediana	7	7
Moda	7	8
Desviación estándar	0.980	1.123
Varianza de la muestra	0.961	1.261
Curtosis	3.268	0.647
Coficiente de asimetría	-0.943	-0.937
Rango	5	5
Mínimo	4	4
Máximo	9	9

Además, utilizamos la prueba U de Mann-Whitney con dos colas para determinar que en ambos grupos no hubiese una diferencia significativa en el rendimiento de los estudiantes. Con un p-valor de 0.9735, para un α de 0.05, determinamos que la H_0 es verdadera y, por lo tanto, no se encontraron diferencias significativas.

Así, consideramos que el cambio en los resultados de los estudiantes después de utilizar la aplicación sería un dato adecuado para valorar la incidencia del modelo en el aprendizaje de los participantes.

En la aplicación del sistema, uno de los primeros datos recopilados fue la cantidad de visitas a los diversos objetos de aprendizaje. Con ellos, observamos que, en el grupo de control, los estudiantes reprodujeron menos veces los archivos, con los documentos de texto siendo los más visitados, seguidos por los videos.

En la Tabla 11 se muestran los accesos a los materiales simples, desplegados sólo al grupo de control.

Tabla 11
Visitas a OA del grupo de control

	Video	Audio	Texto	Total
Actividad 1	41	11	6	58
Actividad 2	19	22	16	57
Actividad 3	30	7	21	58
Actividad 4	33	9	18	60

Por otra parte, para el grupo experimental el comportamiento fue diferente. En la primera actividad las reproducciones fueron bajas, aunque aún mayores que las del grupo de control, aunque al pasar el tiempo, estas visitas a los diferentes objetos aumentaron. Suponemos que esto se debió, por una parte, a que las instrucciones señalaban la posibilidad de revisar varias veces los archivos, e incluso los consideraba complementarios, por lo que posiblemente, cuando los estudiantes se dieron cuenta que el contenido de los archivos variaba según la situación en que se encontraban, aumentó su curiosidad por ver el grado de cambio disponible y entraban varias veces para corroborarlo; y por otra, que el material educativo se podía compartir por otros medios, pues con copiar la liga de acceso era suficiente para mandarlo a sus conocidos por mensajes desde sus dispositivos. Nuevamente, el formato más visitado fue el texto, pero con mejores números para los videos e incluso los archivos de audio.

En la Tabla 12 se observa el comportamiento de las visitas a los objetos de aprendizaje en el grupo experimental, donde se observó la misma dinámica para las demás actividades.

En el aspecto contextual, el número de visitas a los objetos es similar por la mañana y por la tarde, pero respecto a la ubicación, la casa de los estudiantes fue el lugar desde donde más accesos se registraron, seguidos por la calle. A pesar de que los estudiantes no fueron a las instalaciones de su escuela, sí se

registraron accesos al material de aprendizaje desde la Universidad. Aquí, nuevamente pensamos que fueron variaciones provocadas por algunos estudiantes mientras experimentaban los cambios forzados de ubicación para revisar el material en un contexto diferente al suyo.

Tabla 12
Visitas a OA del grupo experimental

	Video	Audio	Texto	Total situación			
Actividad 1	AM Casa	9	AM Casa	3	AM Casa	12	24
	AM Escuela	0	AM Escuela	0	AM Escuela	0	0
	AM Calle	6	AM Calle	2	AM Calle	5	13
	PM Casa	5	PM Casa	4	PM Casa	9	18
	PM Escuela	0	PM Escuela	1	PM Escuela	0	1
	PM Calle	2	PM Calle	1	PM Calle	3	6
	Total formato	22		11		29	62
Actividad 2	AM Casa	7	AM Casa	4	AM Casa	8	19
	AM Escuela	1	AM Escuela	1	AM Escuela	0	2
	AM Calle	5	AM Calle	3	AM Calle	2	10
	PM Casa	8	PM Casa	3	PM Casa	5	16
	PM Escuela	2	PM Escuela	1	PM Escuela	0	3
	PM Calle	3	PM Calle	1	PM Calle	9	13
	Total formato	26		13		24	63
Actividad 3	AM Casa	9	AM Casa	5	A3-TXACA	11	25
	AM Escuela	3	AM Escuela	1	A3-TXAES	0	4
	AM Calle	5	AM Calle	3	A3-TXACL	7	15
	PM Casa	8	PM Casa	6	A3-TXPCA	8	22
	PM Escuela	1	PM Escuela	2	A3-TXPES	1	4
	PM Calle	4	PM Calle	1	A3-TXPCL	6	11
	Total formato	30		18		33	81
Actividad 4	AM Casa	7	AM Casa	5	AM Casa	8	20
	AM Escuela	3	AM Escuela	2	AM Escuela	1	6
	AM Calle	6	AM Calle	4	AM Calle	8	18
	PM Casa	8	PM Casa	9	PM Casa	9	26
	PM Escuela	1	PM Escuela	2	PM Escuela	0	3

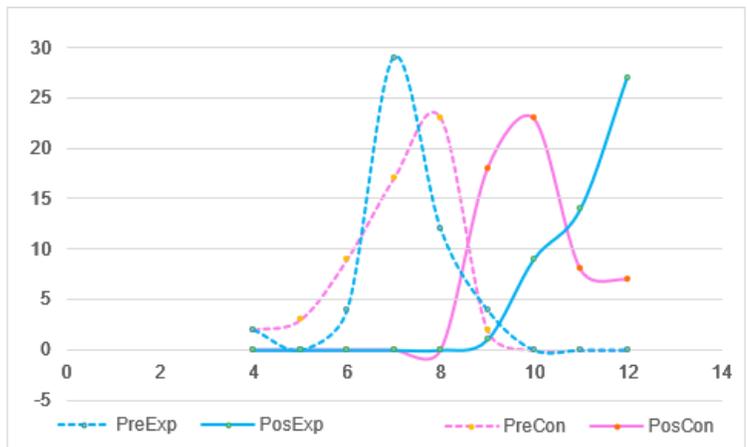
PM Calle	5	PM Calle	7	PM Calle	6	18
Total formato	30		29		32	91

Finalmente, el post-test (Tabla 13) reveló que los dos grupos tuvieron un avance en la adquisición de conocimientos, con mayor avance del grupo experimental, que se muestra en la Figura 45.

Tabla 13
Estadística descriptiva del post-test

	<i>G experimental</i>	<i>G control</i>
Media	11.314	10.018
Mediana	12	10
Moda	12	10
Desviación estándar	0.836	1.070
Varianza de la muestra	0.700	1.145
Curtosis	-0.351	-0.367
Coefficiente de asimetría	-0.871	0.333
Rango	3	4
Mínimo	9	8
Máximo	12	12

Figura 45
Comparativa del avance en rendimiento de grupos experimental y de control



Con estos datos, se corroboró que no hubiese diferencia significativa entre las varianzas con un p-valor de 0.6864 en la prueba Fligner-Killeen, y procedimos a analizar la diferencia entre los grupos experimental y de control.

En consecuencia, después de realizar la prueba U de Mann-Whitney de una cola, encontramos un p-valor de 3.494e-09, por lo que para un α de 0.05, se rechaza la H_0 , y se acepta la H_1 que indica que sí hay una diferencia significativa, en la que el rendimiento de los estudiantes del grupo experimental fue mayor al del rendimiento de los estudiantes del grupo de control.

9.5 Percepción de la propuesta

Al finalizar el uso del sistema XUAP, se aplicó un cuestionario Likert (Tabla 3) a los participantes en el experimento para conocer el nivel de aceptación y uso de la tecnología propuesta en el modelo. De este modo, se exploraron categorías de análisis correspondientes a los constructos de la UTAUT (Venkatesh et al., 2003): expectativa de rendimiento, expectativa de esfuerzo, influencia social, condiciones facilitadoras y finalmente la intención de uso. En la tabla siguiente (Tabla 14) se observa el resumen de los resultados del cuestionario.

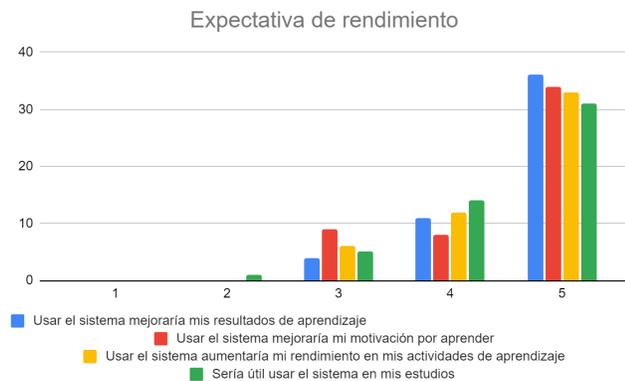
Tabla 14
Resumen de resultados del cuestionario de aceptación tecnológica

	Ítem	Baja	Neutral	Alta	Media	DS
5	R5-EE1	0	1.96	98.04	4.627	0.6312
6	R6-EE2	0	5.88	94.12	4.490	0.7842
8	R8-EE4	0	5.88	94.12	4.529	0.7029
1	R1-ED1	0	7.84	92.16	4.471	0.7577
7	R7-EE3	0	7.84	92.16	4.745	0.4835
14	R14-CF2	1.96	5.88	92.16	4.706	0.5760
18	R18-IU2	0	9.80	90.20	4.706	0.6097
3	R3-ED3	0	11.76	88.24	4.686	0.5828
4	R4-ED4	1.96	9.80	88.24	3.941	1.1029
13	R13-CF1	3.92	9.80	86.27	4.235	0.8146
16	R16-CF4	3.92	9.80	86.27	4.412	0.9418
2	R2-ED2	0.00	17.65	82.35	4.059	1.2714
15	R15-CF3	3.92	13.73	82.35	4.451	0.8322
10	R10-IS2	1.96	17.65	80.39	4.608	0.6951
11	R11-IS3	5.88	13.73	80.39	4.412	0.9418

17	R17-IU1	7.84	13.73	78.43	4.412	0.8984
19	R19-IU3	7.84	15.69	76.47	4.196	0.9596
9	R9-IS1	11.76	21.57	66.67	4.608	0.6657
12	R12-IS4	9.80	23.53	66.67	4.137	0.9596

La expectativa de rendimiento de los estudiantes fue alta, como se puede observar en la Figura 46, en su mayoría mencionaron estar de acuerdo o completamente de acuerdo en que utilizar el sistema ayuda a mejorar su rendimiento en sus estudios universitarios.

Figura 46
Resultados de la expectativa de rendimiento



Respecto a la expectativa de esfuerzo, la mayoría de los estudiantes estuvieron completamente de acuerdo con que utilizar el sistema propuesto es sencillo (Figura 47).

Figura 47
Resultados de la expectativa de esfuerzo



A su vez, la influencia social no pareció ser un elemento de alta significancia para ellos, pues las respuestas se distribuyeron por la escala con una leve identificación neutral por las opiniones de otras personas, sólo aumentando cuando la motivación externa proviene de profesores y compañeros (Figura 48).

Figura 48
Resultados de la influencia social



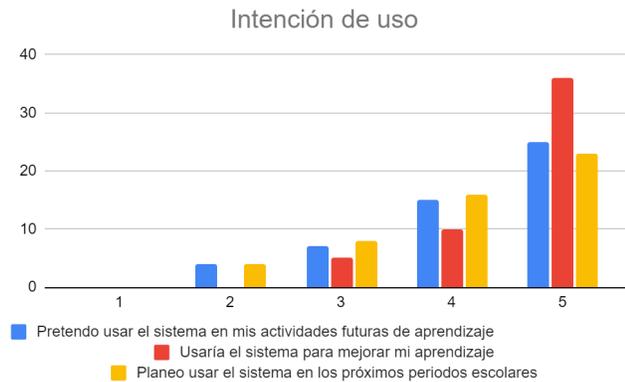
La percepción de condiciones facilitadoras del sistema fue en su mayoría alta, pues como se ve en la Figura 49, la gran mayoría de estudiantes se muestran confiados en su dominio de la tecnología y recursos disponibles.

Figura 49
Resultados de las condiciones facilitadoras



Finalmente, en concordancia con los constructos anteriores, la intención de uso observada fue alta, con las opiniones de los estudiantes (Figura 50) estando en su mayoría en acuerdo en completo acuerdo con los ítems de esta categoría.

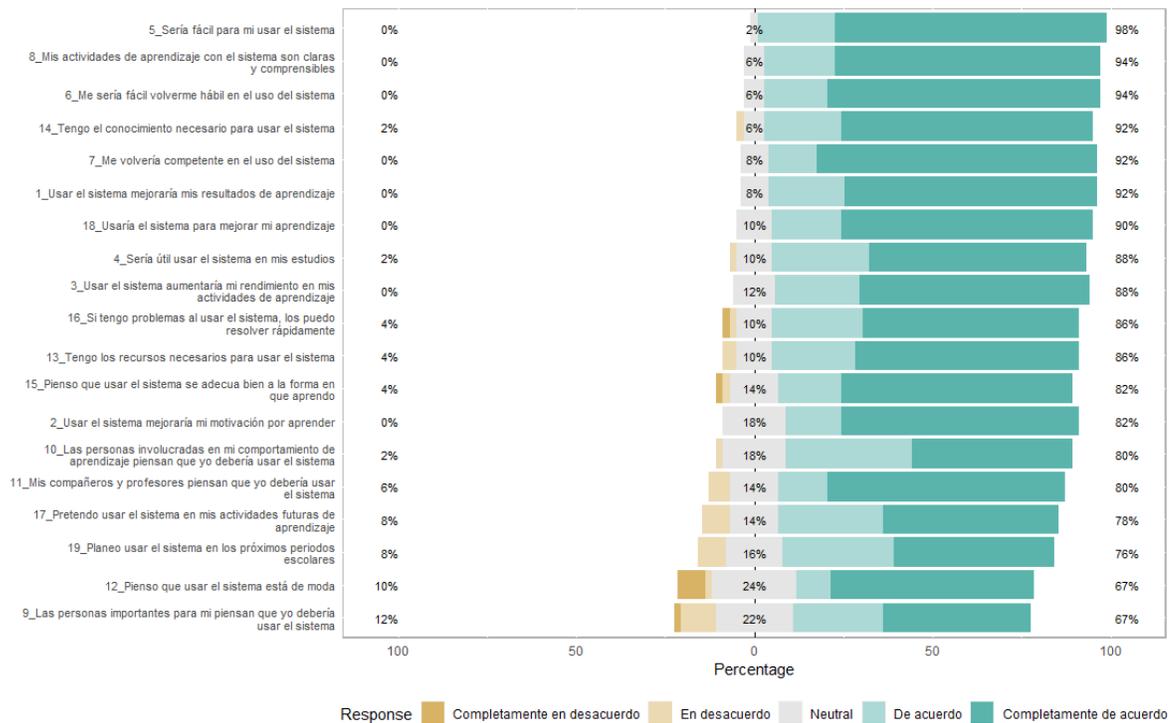
Figura 50
Resultados de la intención de uso



En la Figura 51, se muestra de manera general el comportamiento de las opiniones de los estudiantes.

Figura 51

Comportamiento de las opiniones de los estudiantes sobre el uso del sistema



Así, se observa que los estudiantes que utilizaron el sistema XUAP, consideran que es una buena herramienta para sus estudios universitarios; lo perciben como fácil de usar, adecuado a sus experiencias y útil para su aprendizaje, por lo que a la gran mayoría de participantes les gustaría usarlo en sus actividades regulares de estudio.

Por otra parte, las entrevistas realizadas a los profesores que participaron en la aplicación del sistema propuesto revelaron la percepción de la utilidad del sistema, las expectativas y consideraciones sobre su uso.

En la Tabla 15 se muestra el resumen de las entrevistas que se realizaron con los profesores del grupo experimental, que refleja su sentir positivo general hacia la aplicación del sistema propuesto con sus estudiantes de la materia FHS.

Tabla 15
Resumen de entrevistas de profesores del grupo experimental

Evaluación		P2	P4	
Sistema	Escenarios de aprendizaje	Nota	"...es interesante para los jóvenes, que sin importar dónde se encuentren, ellos pueden acceder al sistema [...] está fomentando su iniciativa para aprender, su curiosidad de conocer cosas nuevas..."	"Sí. Normalmente las clases las preparamos para darlas en el salón [...] Es mejor que se haga preparando los temas para atenderse también en la casa de los alumnos."
		Sentido	Positivo	Positivo
	Sistema de control	Nota	"... al poder elegir el modo de aprendizaje [...] no se hace pesado, sino que el estudiante va eligiendo en ese momento lo que tiene ganas de hacer ..."	"...los estudiantes pueden acceder de manera sencilla a las lecciones, pero sería mejor si no necesitara internet..."
		Sentido	Positivo	Positivo pero necesita mejorar
	Interacción con el usuario	Nota	"Al principio algunos no querían utilizarlo porque al no conocerlo sentían que podían tener alguna calificación baja, pero una vez que entraron todo fue muy fácil porque el sistema los va guiando, con una ruta clara y rápida [...] Me parece adecuada la velocidad en que se reproducen audio y video, la extensión de los textos, [...] es de mi agrado que al final de cada actividad se haga el llenado del cuestionario..."	"...el software les da el ejemplo desde el principio [...] que el software sí les muestra material adecuado y así hay menos dudas. [...] Me hubiera gustado ver cómo iban avanzando en sus lecciones"
		Sentido	Positivo	Positivo pero necesita mejorar
Consciencia del contexto del estudiante	Nota	"...por el momento es suficiente, sería interesante que el sistema detallara cuáles son los lugares específicos que visita el estudiante y en qué momento [...] pero también creo que es importante el tema de la privacidad ..."	"... para este momento sí, me gustaría que el software fuera más específico al identificar el lugar donde el estudiante toma la lección. [...] Necesitaríamos trabajar mucho en cómo hacerle para que las lecciones de programación sean significativas ..."	
	Sentido	Positivo pero necesita mejorar	Positivo pero necesita mejorar	
Institución	Condiciones facilitadoras	Nota	"...En la universidad considero que si se tienen las condiciones [...] Los estudiantes, sin dudar, podrán utilizarlo con éxito [...] Probablemente algunos profesores tengan algunos conflictos [...] por la diferencia de edad con las nuevas generaciones [...] o por no querer adaptarse a algo nuevo ..."	"Yo creo que sí existen. Los estudiantes son muy listos. A lo mejor a algunos profesores necesitan capacitarse más, los más grandes. Pero no creo que haya problema"
		Sentido	Positivo pero necesita trabajarse	Positivo pero necesita trabajarse
Percepción	Impacto esperado	Nota	"...los resultados serían bastante positivos para todos, tanto para profesores, para estudiantes, como para la universidad en sí. [...] Al principio tendría un impacto negativo [...] algunos profesores podrían oponerse a cambiar sus métodos tradicionales [...] es necesario convencer a los profesores [...] de que esto es algo que llegó para facilitar su trabajo."	"Sería positivo el impacto [...] a mis alumnos les gustó y [...] salieron bien en su evaluación [...] que a otros jóvenes también les serviría. [...] le falta más trabajo para arreglar el material de otras materias, [...] la parte más complicada sean los profesores [...] Si tienen ellos que arreglar su propio material para este software, no lo van a aceptar tan fácil."
		Sentido	Positivo	Positivo

Utilidad del sistema	Sentido	Positivo pero necesita trabajarse	Positivo pero necesita trabajarse
	Nota	"... bastante útil [...] es sumamente importante adaptarnos a las nuevas tecnologías, principalmente para saber de qué manera podemos acercarnos más a nuestros estudiantes [...] debemos buscar algo que atraiga la atención de los jóvenes para que aprender se vuelva interesante y no una carga..."	"A los alumnos les va a servir mucho, van a estar más contentos con el teléfono que en la clase. Y a la universidad pues también, van a obtener buenos resultados. [...] si el software sirve para hacer nuestro trabajo más sencillo, sí se aceptaría."
Consideraciones y limitantes	Sentido	Positivo	Positivo
	Nota	"... que algún estudiante no tenga acceso al sistema debido a problemas con la conectividad en su hogar, en la calle, que su dispositivo no tenga la capacidad suficiente ..."	"... que no se obligue al profesor a invertir mucho tiempo en usar el software, [...] puede pasar que haya comentarios de que no se le pone atención a los estudiantes. Si cosas así pasan, la universidad no lo apoyaría"
	Sentido	Positivo pero necesita mejorar	Positivo pero necesita trabajarse

Así, lo que encontramos es que los profesores del grupo experimental tuvieron una percepción positiva del sistema, aunque consideraron que para una implementación institucional es necesario que, por una parte, se realice más trabajo en la parte tecnológica del modelo, ya que para incorporar otras asignaturas se requiere que el sistema aumente sus capacidades de detección del contexto del estudiante, y por otra, se requiere planear con detenimiento la estrategia institucional, para así sensibilizar a los docentes con orientación más tradicional, quienes representan la limitante más importante a la adopción general del modelo.

10 Discusión

Los resultados previamente descritos muestran diversas situaciones que sugieren que la investigación tuvo un proceso apropiado.

Primero, la situación tecnológica universitaria, dilucidada en la exploración de la línea base para el desarrollo de la intervención, mostró que, en la BUAP, existe un ecosistema digital amplio, formado por tecnologías de la información y comunicaciones robustas que forman un ambiente de herramientas y soluciones tecnológicas disponibles para su comunidad. Este hecho coincide con los hallazgos de Lomasko y Simonov (2016), quienes reportan la existencia de estos ambientes ricos en TIC en muchas universidades. Además, encontramos que, aunque datos estadísticos nacionales ubican al estado de Puebla con un índice bajo de disponibilidad de dispositivos de cómputo en los hogares (Rojas & Navarrete, 2019), la mayoría de los estudiantes de la BUAP cuentan con un teléfono inteligente con acceso a internet, y tienen acceso a un equipo de cómputo también con conexión a internet, tanto en casa como en la universidad. Así, se observa la capacidad de la institución y de sus miembros para implementar innovaciones en educativas basadas en nuevas tecnologías.

Segundo, la indagación conceptual del aprendizaje ubicuo y sus fundamentos permitió identificar la instrumentación del *u-learning* y definir cinco elementos pertinentes en su aplicación, mismos que, alineados a las características propias de la institución como una comunidad viva, dinámica y compleja, sirvieron como centro focal para diseñar un modelo funcional de aprendizaje.

Así, aunque en esencia el aprendizaje es prácticamente ubicuo -lo que ha dado pie a diversas dudas que no permiten llegar a un acuerdo entre investigadores- fue posible identificar que, el *u-learning* se diferencia de otras estrategias educativas en que su aplicación no se limita a romper barreras espaciales y temporales, sino

a aumentar dimensiones significativas, que hagan que lo que se estudia sea intencional, pertinente y relevante para el estudiante.

Más aún, hemos encontrado que la conceptualización de la ubicuidad en el aprendizaje observa de manera general: el aprovechamiento de dispositivos de cómputo generalizados en el entorno del usuario, concordando con los preceptos planteados históricamente (Chang & Sheu, 2002; Greenfield, 2006; Weiser, 1991); la personalización del contenido formativo según las particularidades del estudiante, lo que coincide con las ideas de diversos investigadores (el Guabassi et al., 2018; E. Fernández, 2010; Machado et al., 2018); y extensión dimensional del aprendizaje a tiempos, espacios y contenidos dinámicos, adecuados, relevantes y significativos, consistentes con las propuestas de Burbules (2014) y de Yahya et al. (2010).

En este sentido, para integrar las necesidades tecnológicas, administrativas, pedagógicas y sociales de la BUAP a un modelo funcional, colaboramos con diversos departamentos dentro de la institución, cuyos expertos participaron como diseñadores y tomadores de decisiones, desde su carácter de gestores administrativos hasta su rol como usuarios.

Para establecer políticas de funcionamiento, el primer elemento que planteamos dentro del modelo fue el escenario de aprendizaje, que, al establecerlo para las necesidades institucionales de la BUAP como un escenario híbrido, extendemos las propuestas de otros investigadores para enfocar el ambiente de acción del *u-learning* a espacios cerrados (Kong et al., 2017; Lin et al., 2018; Moreno López et al., 2017; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Valenzuela-Valdés et al., 2016), o por el contrario, a espacios abiertos (Chin et al., 2015; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015; Wen & Zhang, 2015; Zheng et al., 2018); sin la necesidad de incorporar elementos de interacción fijos en el entorno.

Para el elemento de la estrategia educativa, establecimos al aprendizaje significativo como ideología pedagógica central, con lo que orientamos la preparación y gestión del material educativo hacia actividades relevantes a la

realidad del estudiante, lo que coincide con los esfuerzos de investigaciones anteriores (Huang & Chiu, 2015; Hung et al., 2014; Wu et al., 2014).

Otro elemento importante identificado fue el sistema central, mismo que se contruyó como una aplicación propia cliente servidor con acceso web, usando las herramientas tecnológicas disponibles en la universidad. Así, concordamos con las prácticas de implementación de varios estudios similares (Aparicio-Martínez et al., 2019; Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Chang & Yeh, 2014; de Sousa Monteiro et al., 2016; Hsu et al., 2016; Huang & Chiu, 2015; Hung et al., 2014; Kong et al., 2017; Moreno López et al., 2017; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015; Wen & Zhang, 2015; Wu et al., 2014).

El elemento de interacción con el usuario, se decidió implementar con múltiples formatos multimedia a través del navegador web, lo que permite que se acceda al material desde una amplia diversidad de dispositivos de cómputo, tanto fijos como móviles, siendo consistente con lo expuesto por múltiples investigadores (Aparicio-Martínez et al., 2019; Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Chang & Yeh, 2014; Chin et al., 2015; Hsu et al., 2016; Hung et al., 2014; Kong et al., 2017; Shih et al., 2015; Valenzuela-Valdés et al., 2016; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015; Wen & Zhang, 2015; Wu et al., 2014; Zheng et al., 2018).

Además, el elemento de la consciencia de contexto se implementó sobre la posibilidad de obtener rápidamente información del lugar y hora a las que el estudiante ingresa al sistema, usando directamente las propiedades de su equipo de cómputo, lo que coincide con lo realizado en otras investigaciones interesantes al tema (Aparicio-Martínez et al., 2019; Chang & Yeh, 2014; Shih et al., 2015; Valenzuela-Valdés et al., 2016; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015).

Y tercero, más allá de la definición y establecimiento de políticas, se desarrolló un sistema de información para aplicar el modelo propuesto con profesores y estudiantes de la materia Formación Humana y Social de la universidad, que es transversal para todos los programas educativos.

A partir de esto, el sistema propuesto se probó y analizó desde una perspectiva conjunta con instrumentos cuantitativos y cualitativos, a partir de los cuales encontramos un impacto positivo en la población.

Los resultados de aprendizaje al aplicar el sistema mostraron un mayor incremento en el rendimiento de los estudiantes que utilizaron el modelo, comparado con los estudiantes que no lo utilizaron, e identificamos también que la expectativa de rendimiento y esfuerzo identificados al usar el modelo fue alta, con lo que nuestros hallazgos corresponden con observado en varios estudios análogos (Aparicio-Martínez et al., 2019; Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2019; Chang & Yeh, 2014; Chin et al., 2015; de Sousa Monteiro et al., 2016; Hsu et al., 2016; Peña-Ayala & Cárdenas-Robledo, 2019; Valenzuela-Valdés et al., 2016; Wen & Zhang, 2015; Wu et al., 2014).

Aunado a esto, la opinión de los profesores participantes nos permitió advertir que, a pesar de que algunos mostraron estar preocupados por la complejidad de abandonar prácticas legadas tradicionalistas, o la disposición real de la institución por proporcionar condiciones facilitadoras adecuadas para sustentar el modelo – coincidiendo con otras investigaciones (Chin et al., 2015; Vázquez-Cano & Calvo-Gutiérrez, 2015)–, se muestran optimistas por la utilidad del sistema para estudiantes e, indirectamente para la universidad, particularmente con la idea de mantener actualizada la práctica educativa de una institución importante, con el acercamiento a los estudiantes jóvenes desde el aprovechamiento de la colonización tecnológica de la vida diaria; lo que es congruente con la visión del acercamiento educativo a través de los avances tecnológicos que muestran investigaciones como las de Hu Xiao (2019) y Leo Ma y Ling Yu (2019), la alta aceptación del profesorado identificada por De Sousa Monterio et al. (2016), y la integración paulatina de servicios computacionales relevantes en la tela del día a día que expone Adam Greenfield (2006) en la eventual capitalización del ideal ubicuo de Mark Weiser (1991).

Así pues, los datos mixtos que obtuvimos entre los instrumentos cuantitativos de rendimiento y aceptación tecnológica de los estudiantes, las entrevistas cualitativas a expertos y profesores participantes en la intervención, y nuestra misma observación del proceso general, nos permiten ver que, la hipótesis que se planteó de manera inicial, que supone que el uso de un modelo de educación basado en *u-learning*, mejoraría los resultados de aprendizaje de los estudiantes de la materia Formación Humana y Social de la BUAP, se cumplió de manera exitosa.

En el mismo sentido, para llegar a esto desarrollamos secuencialmente la resolución de nuestras preguntas de investigación.

Como mencionamos anteriormente, utilizamos la pesquisa teórica para encontrar los elementos fundamentales que componen un modelo de educación basado en *u-learning*, y la exploración de campo para identificar la manera de maximizar su aplicación en una materia de nuevo ingreso de la BUAP. Además, pudimos desarrollar con esos preceptos un sistema para aplicar el modelo a estudiantes y profesores de la materia FHS y así determinar que su uso impacta positivamente en el desempeño de esos estudiantes. De tal manera que, al demostrar la aumentación del proceso formativo en nuestros grupos de estudio, podemos suponer que tendrá un impacto similar al aplicarse en otras poblaciones de características equivalentes; sin embargo, por el bajo tamaño de la muestra a la que se tuvo acceso debido a complicaciones por el periodo de confinamiento obligado durante la pandemia de COVID-19, no es posible asegurarlo.

La metodología elegida nos ayudó a abordar la solución del problema con una interacción secuencial y profunda con los involucrados, lo que hizo que se cubrieran de manera eficaz los objetivos planteados, no obstante, es necesaria la continuación del proyecto dirigiendo los esfuerzos hacia solventar inquietudes inmediatas de los participantes. Por una parte, se debe de continuar el desarrollo tecnológico del sistema, y por otra se deben definir políticas de concientización institucional para fomentar de forma permanente factores de éxito del modelo,

como la inversión tecnológica y la capacitación técnica de los docentes.

11 Conclusiones

La educación formal debe de mantenerse en constante actualización para poder lidiar con la evolución rápida de la sociedad, y las tecnologías de información han sido en los últimos años el camino a seguir. En consecuencia, la tecnología educativa aumentada por TIC representa una opción amplia y con gran espacio para crecer. Sin embargo, las posibilidades de crecimiento se separan en tantas direcciones que, muchas veces es complicado lograr un alcance significativo. En un esfuerzo para orientar este desarrollo hacia una teoría que ha mostrado ser innovadora y adaptable a las características actuales de los estudiantes, esta investigación desenvuelve el concepto de *u-learning*, para proponer un modelo de aprendizaje que facilita el aprendizaje a estudiantes universitarios.

El proceso de la investigación que planteamos nos llevó a mantener un acercamiento continuo e iterativo con elementos teóricos e históricos del *u-learning*, y con los sujetos de estudio que, mediante encuestas y entrevistas, plasmaron su sentir sobre los diversos elementos de la propuesta de intervención. Así, el modelo de *u-learning* creció de manera secuencial gracias a la participación incremental de profesores y estudiantes en la institución de acogida del proyecto.

Al principio, la respuesta de los miembros del equipo de trabajo fue escéptica, y evolucionó a una participación cada vez mayor al presenciar las bondades y posibilidades de la modalidad de aprendizaje ubicuo.

El modelo propuesto como solución considera el contexto institucional de la BUAP, que, con una comunidad compleja, es un ambiente dinámico que se mantiene en cambio constante según las políticas gubernamentales y sociales del momento. En consecuencia, establece las pautas para alcanzar la ubicuidad en el aprendizaje en un sentido amplio, usando diferentes dimensiones para otorgar validez y significancia a la formación, y propone una herramienta electrónica de fácil acceso, enfocada en el estudiante que sirve de apoyo a la actividad docente.

La plataforma tecnológica desarrollada mostró ser pertinente al modelo y tuvo una buena aceptación entre los estudiantes, y, aun con un poco de incertidumbre, obtuvo una recepción positiva de los profesores, pues este ejercicio de innovación les presentó nuevas opciones para educar a sus estudiantes, con esquemas similares a los que ya han utilizado, pero con nuevos métodos y perspectivas que les ayudará a acercarse a sus alumnos y promover un ambiente de curiosidad y dinamismo.

Así, con el trabajo iterativo e incremental que se desarrolló a lo largo de la investigación, logramos obtener información importante sobre la realidad de una de las universidades más importantes de nuestro país, de tal modo que, se demostró la veracidad de nuestra hipótesis al mostrar un impacto positivo significativo en el rendimiento y percepción tecnológica de los estudiantes de nuevo ingreso a la universidad, lo que representa un referente para futuras investigaciones del fenómeno.

Además, el proceso de desarrollo produjo un impacto positivo en los departamentos universitarios, pues incrementó la visibilidad de la brecha digital cultural existente entre los estudiantes jóvenes y las prácticas anquilosadas de muchos profesores, mostró la necesidad de innovar en nuevas tecnologías más allá de la adopción de sistemas de educación virtual, expuso la necesidad de aumentar las actividades de gestión académica para coordinar la narrativa formativa en sistemas de información, incorporó la adopción y aceptación tecnológica como un indicador pertinente de la efectividad de los mecanismos de enseñanza, y mostró la realidad tecnológica actual de la universidad tal y como la ve su comunidad.

Por otra parte, sabemos que el panorama que experimentamos en esta investigación fue limitado por la pandemia de COVID-19. Actividades que se plantearon inicialmente tuvieron que modificarse con rapidez para no entorpecer los tiempos institucionales de la BUAP, pues como institución de acogida, fue quien pautó la intervención. Afortunadamente, la elección de la metodología

mostró ser adecuada, ya que la interacción continua con los sujetos de estudio hizo posible tomar decisiones eficaces.

De esta manera, aunque estamos confiados en la fiabilidad del modelo, encontramos una limitante en el tamaño de la muestra a la que tuvimos acceso. En investigaciones futuras es necesario incrementar la cantidad de sujetos de estudio para mejorar las posibilidades de una extrapolación exitosa.

Otra limitante observada se dio en función del cambio de la modalidad de enseñanza, de ser presencial mutó rápidamente a un esquema a distancia, y ocasionó que algunos estudiantes, al no tener presente un profesor presente, no sintieran la obligación por seguir actividades diferentes a las acostumbradas o, al menos no de forma seria. Por tanto, los profesores participantes tomaron un papel de liderazgo ante los jóvenes, aunque es necesario que, en modificaciones futuras, se mejore la interacción del sistema para cubrir esta oportunidad, pues en la distancia, la opinión de un profesor no siempre puede incidir en el comportamiento del estudiante.

De este modo, una línea para el trabajo futuro inmediato de nuestro trabajo debe consistir en atacar las inquietudes de los profesores participantes, quienes vieron con angustia la eventual asignación de trabajo ajeno a la docencia que necesita el sistema para poder ofrecer una cantidad suficiente de posibles variantes de un mismo contenido educativo, para que este pueda ser significativo al contexto del individuo. Así, una solución se encuentra en la incorporación de herramientas más avanzadas en las ciencias computacionales, que permitan el desarrollo de un sistema inteligente que, de manera automatizada, produzca diversos objetos de aprendizaje multimedia, ad-hoc al perfil del estudiante que los demanda, o incluso en la optimización sistemática de la orquestación de la entrega 'oportuna' de material 'relevante' al usuario

En el mismo sentido, otra posibilidad de continuidad al tema se orienta a ampliar las capacidades del sistema con la inclusión de módulos de gestión de usuarios y de contenido, lo que permitiría probarse nuevamente con mayor facilidad y

encontrar respuestas que aumenten las probabilidades de extrapolación del modelo con éxito.

Así, se puede trabajar para que, con la mejora, el modelo se aplique a otras poblaciones y con escenarios contextuales más complejos, en los que, con el regreso a las aulas, se utilicen otros dispositivos de cómputo que, por diversas tecnologías de comunicación, añadan otros elementos de interacción en lugares clave.

Finalmente, es necesario hacer notar que, en nuestro trabajo, la tecnología no es un fin, sino una herramienta que refleja la vida hiperconectada actual en la que la ubicuidad tecnológica, aunque no es perfecta, ha alcanzado un nivel importante, por lo que la participación institucional es de suma importancia. Así, la intervención se ocupó en instrumentar un conjunto de pautas para equilibrar los avances tecnológicos con las fortalezas docentes y administrativas de la institución, para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y así obtener resultados positivos con un mayor desarrollo de sus conocimientos y competencias, además de hacer visible la utilidad de implementar innovaciones educativas aplicadas para tener resultados cada vez más auténticos, oportunos y cercanos a las nuevas generaciones, y de promover la concertación de opiniones diversas para unir esfuerzos y llegar a compromisos comunes en la toma de decisiones de la universidad, a fin de transformar la práctica educativa con herramientas al alcance de todos, más allá del aula y el laboratorio, en el día a día, contribuyendo así, de manera efectiva, a la evolución del proceso de enseñanza-aprendizaje.

12 Referencias bibliográficas

- Ally, M. (2019). The Digital Teacher in a Mobile and Always-on World. En S. Yu, H. Niemi, & J. Mason (Eds.), *Shaping Future Schools with Digital Technology: An International Handbook* (pp. 225–239). Springer Singapur.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-9439-3_13
- Aparicio-Martínez, P., Martínez-Jiménez, M. del P., Perea-Moreno, A. J., Vaquero-Álvarez, E., Redel-Macías, M. D., & Vaquero-Abellán, M. (2019). Is possible to train health professionals in prevention of high-risk pathogens like the Ebola by using the mobile phone? *Telematics and Informatics*, 38, 74–86.
<https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.08.004>
- Area, M. (2009). La tecnología educativa como disciplina pedagógica. En *Introducción a la Tecnología Educativa* (pp. 15–23).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1017/S1047951112000509>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *La educación superior en tiempos de COVID-19*.
- Bazán, J. de J. (2014, octubre 30). Un acercamiento a la definición de modelo educativo. *Nuevos Cuadernos Del Colegio Número 4*.
<http://memoria.cch.unam.mx/index.php/articulo/122>
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (n.d.). *Historia Universitaria*.
<https://www.buap.mx/node/114>
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2007). *Modelo Educativo-Académico*.
<http://www.minerva.buap.mx/>
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2010). *Programa Educativo: Formación Humana y Social*.
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2020). *Anuario Estadístico Institucional 2019- 2020*.
- Boone, M. del R., Archundia, E., García, P., & Soriano, M. A. (2014). Entorno Virtual como apoyo al Eje Transversal: Formación Humana y Social del Modelo Educativo MUM, BUAP, FCC. En *Investigación de la Tutoría Académica en la región Centro-Sur 2013* (1st ed., pp. 17–29). UAEH.
- Bozkurt, A. (2016). Augmented reality with mobile and ubiquitous learning: Immersive, enriched, situated, and seamless learning experiences. En *Digital Tools for Seamless Learning* (Issue January, pp. 27–41). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1692-7.ch002>
- Burbules, N. C. (2014). Los significados de “aprendizaje ubicuo”. *Education Policy Analysis Archives*, 22(104), 1–10. <https://doi.org/10.14507/epaa.v22.1880>
- Cabero, J. (2007). Tecnología educativa: su evolución histórica y su conceptualización. En *Tecnología Educativa* (pp. 13–28). McGraw-Hill.
- Cárdenas-Robledo, L. A., & Peña-Ayala, A. (2018). Ubiquitous learning: A systematic review. *Telematics and Informatics*, 35(5), 1097–1132.
<https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.01.009>

- Cárdenas-Robledo, L. A., & Peña-Ayala, A. (2019). A holistic self-regulated learning model: A proposal and application in ubiquitous-learning. *Expert Systems with Applications*, 123, 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.01.007>
- Carmona, L., & Puertas, F. (2012). ULearning: La revolución del aprendizaje. *Observatorio de Recursos Humanos y Relaciones Laborales de Accenture*, 24–27. https://factorhumana.org/attachments_secure/article/9616/c369_ulearning_revolucion_aprendizaje.pdf
- Chacón, A. (2007). La tecnología educativa en el marco de la didáctica. En *Nuevas tecnologías para la educación en la era digital* (pp. 25–41).
- Chadwick, C. (2001). La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 31(4), 111–126.
- Chang, C. Y., & Sheu, J. P. (2002). Design and implementation of ad hoc classroom and eSchoolbag systems for ubiquitous learning. *Proceedings - IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, WMTE 2002, February 2002*, 8–14. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2002.1039215>
- Chang, W.-J., & Yeh, Z. M. (2014). A Case Study of Service Learning Effectiveness based on Ubiquitous Learning System for College Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 136, 554–558. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.375>
- Chin, K.-Y., Lee, K.-F., & Chen, Y.-L. (2015). Impact on Student Motivation by Using a QR-Based U-Learning Material Production System to Create Authentic Learning Experiences. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(4), 367–382. <https://doi.org/10.1109/TLT.2015.2416717>
- Davis, F. D. (1985). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results*. MIT Sloan School of Management, Cambridge MA.
- de Benito, B., & Salinas, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 0, 44–59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- de Sousa Monteiro, B., Gomes, A. S., & Mendes Neto, F. M. (2016). Youubi: Open software for ubiquitous learning. *Computers in Human Behavior*, 55, 1145–1164. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.064>
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2004). *Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Prentice-Hall Pearson.
- Doucette, D. (2018). *Meeting the Educational Demands of Generation Z*. EdTech Magazine. <https://edtechmagazine.com/higher/article/2018/10/meeting-educational-demands-generation-z>
- el Guabassi, I., Bousalem, Z., al Achhab, M., Jellouli, I., & el Mohajir, B. E. (2018). Personalized adaptive content system for context-Aware ubiquitous learning. *Procedia Computer Science*, 127, 444–453. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.142>
- Escofet, A., López, M., & Álvarez, G. (2014). Una mirada crítica sobre los nativos digitales. Análisis de los usos formales de TIC entre estudiantes universitarios. *Revista Q Tecnología Comunicación Educación*, 9(17), 1–19.
- Fernández, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11–34. <https://doi.org/10.4995/redu.2010.6216>

- Fernández, E. (2010). *U-learning: el futuro está aquí*. Alfaomega Grupo Editor.
- Gallego, V., Muñoz, J. A., Arribas, H. F., & Rubia, B. (2017). La orientación en el medio natural: aprendizaje ubicuo mediante el uso de tecnología. En *Movimiento* (Issue 2). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115351637023>
- García Peñalvo, F. J. (2005). Francisco José García Peñalvo Universidad de Salamanca. *Teoría de La Educación. Educación y Cultura En La Sociedad de La Información*, 6.
- García, V., & Fabila, A. (2011). Modelos pedagógicos y teorías del aprendizaje en la educación a distancia. *Apertura*, 3(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68822737011>
- García-Valcárcel, A. (2010). Tecnología Educativa: Características Y Evolución De Una Disciplina. *Revista Educación y Pedagogía*, 14(33), 65–84.
- Gioconda, G., Reinoso, L., Barzola, K. M., Caguana, D. M., Lopez, R. P., Carlos, J., & Lopez, P. (2019). M- learning, un camino hacia aprendizaje ubicuo en la educación superior del Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 18, 47–60.
- Google. (2010). *Eric Schmidt at Mobile World Congress*.
- Graf, S., & Kinshuk. (2008). Adaptivity and Personalization in Ubiquitous Learning Systems. En A. Holzinger (Ed.), *HCI and Usability for Education and Work* (pp. 331–338). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_23
- Greene, B. A., Miller, R. B., Crowson, H. M., Duke, B. L., & Akey, K. L. (2004). Predicting high school students' cognitive engagement and achievement: Contributions of classroom perceptions and motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 29(4), 462–482. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.006>
- Greenfield, A. (2006). *Everyware: the dawning age of ubiquitous computing*. New Riders.
- Guerrero, J., González, J. M., López, R., & Sánchez, E. (2013). Hacia un Sistema de e-Learning Socio-Constructivista Centrado en el Profesor. En M. Prieto, S. Pech, & A. Pérez (Eds.), *Tecnologías y Aprendizaje: Avances en Iberoamérica* (1st ed., pp. 20–26). Universidad Tecnológica de Cancún.
- Hernández, L., Acevedo, J. A. S., Martínez, C., & Cruz, B. C. (2014). El uso de las TIC en el aula: un análisis en términos de efectividad y eficacia. En J. Asenjo, Ó. Macías, & J. C. Toscano (Eds.), *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. OEI.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mc Graw-Hill.
- Hidalgo, S. E., Orozco, M. del S., & Daza, M. T. (2015). Trabajando con Aprendizaje Ubicuo en los alumnos que cursan la materia de Tecnologías de la Información / Ubiquitous Learning in working with students taking the subject of Information Technology. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 6(11), 605. <https://doi.org/10.23913/ride.v6i11.141>
- Hou, M. (2019). Social media celebrity and the institutionalization of YouTube. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, 25(3), 534–553. <https://doi.org/10.1177/1354856517750368>
- Hsu, T.-Y., Chiou, C.-K., Tseng, J. C. R., & Hwang, G.-J. (2016). Development and Evaluation of an Active Learning Support System for Context-Aware Ubiquitous

- Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(1), 37–45.
<https://doi.org/10.1109/TLT.2015.2439683>
- Huang, Y.-M., & Chiu, P.-S. (2015). The effectiveness of the meaningful learning-based evaluation for different achieving students in a ubiquitous learning context. *Computers & Education*, 87, 243–253. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.06.009>
- Hung, I. C., Yang, X. J., Fang, W. C., Hwang, G. J., & Chen, N. S. (2014). A context-aware video prompt approach to improving students' in-field reflection levels. *Computers and Education*, 70, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.007>
- Hwang, G.-J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5>
- Hwang, W.-Y., Utami, I. Q., Purba, S. W. D., & Chen, H. (2020). Effect of Ubiquitous Physics App on Learning Achievements in Authentic Contexts. *2019 Twelfth International Conference on Ubi-Media Computing (Ubi-Media)*, 13(3), 530–539. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2930045>
- INEGI. (2020). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)*.
- Internet World Stats. (2019). *Internet Usage Statistics: The Internet Big Picture*. <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- Khatun, F., Palas, Md. J., & Ray, P. (2017). Using the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology model to analyze cloud-based mHealth service for primary care. *Digital Medicine*, 3(2), 69. https://doi.org/10.4103/digm.digm_21_17
- Khenioui, N. (2019). EFL Teachers as Designers of Ubiquitous Learning Experiences. *SSRN Electronic Journal*, 5. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3431788>
- Kong, X. T. R., Chen, G. W., Huang, G. Q., & Luo, H. (2017). Ubiquitous auction learning system with TELD (Teaching by Examples and Learning by Doing) approach: A quasi-experimental study. *Computers and Education*, 111, 144–157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.009>
- Latorre, M. (2010). El triángulo interactivo y la metodología. En *Teoría y paradigmas de la educación* (p. 35).
- Lin, P.-H., Huang, Y.-M., & Chen, C.-C. (2018). Exploring Imaginative Capability and Learning Motivation Difference Through Picture E-Book. *IEEE Access*, 6, 63416–63425. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875675>
- Lin, V., Liu, G. Z., & Chen, N. S. (2020). The effects of an augmented-reality ubiquitous writing application: a comparative pilot project for enhancing EFL writing instruction. *Computer Assisted Language Learning*, 0(0), 1–42. <https://doi.org/10.1080/09588221.2020.1770291>
- Lomasko, P. S., & Simonov, A. L. (2016). U-Learning - ubiquitous e-learning in the 21st century: on the path to connectivism and smart education. *I International Conference "Education Informatization and Method of e-Learning" in the IV International Scientific and Educational Forum "People, Family and Society: History and Prospects,"* 293–297. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29888022>
- Lorenzo-Lledó, A. (2018). *Innovación en el aprendizaje desde el diseño tecno-pedagógico*. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/70320>

- Ma, L. F. H., & Yu, L. L. (2019). Ubiquitous Learning for Distance Education Students: The Experience of Conducting Real-Time Online Library Instruction Programs through Mobile Technology. *International Journal of Librarianship*, 4(1), 93–102. <https://doi.org/10.23974/ijol.2019.vol4.1.107>
- Machado, R., Rosa, F. da, Primo, T., Pernas, A. M., & Yamin, A. (2018). Estado da arte em ambientes u-learning cientes de contexto: uma Revisão Sistemática da Literatura. *Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação - SBIE*, 138. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.138>
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. The MIT Press.
- Moreira, F., Mesquita, A., & Peres, P. (2017). Customized X-Learning Environment: Social Networks & knowledge-sharing tools. *Procedia Computer Science*, 121, 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.025>
- Moreno López, G. A., Jiménez Builes, J. A., & Ramírez Monsalve, E. J. (2017). Ubiquitous learning model based on platforms of multi-screen TV (uLMTV). *DYNA*, 84(203), 160–169. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.64160>
- Nobre, A. M. de J. F. (2018). Multimedia technologies and online task-based foreign language teaching-learning. *Tuning Journal for Higher Education*, 5(2), 75–97. [https://doi.org/10.18543/tjhe-5\(2\)-2018pp75-97](https://doi.org/10.18543/tjhe-5(2)-2018pp75-97)
- Norris, P. (2019). Apollo 11 – Getting There. En *Returning People to the Moon After Apollo* (pp. 18–36). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14915-4_3
- Ogata, H., & Yano, Y. (2004). Context-aware support for computer-supported ubiquitous learning. *The 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, 2004. Proceedings.*, 27–34. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2004.1281330>
- Oliver, R. (2002). The Role of ICT in Higher Education for the 21st Century : ICT as A Change Agent for Education. *HE21 Conference*. https://www.researchgate.net/profile/Ron_Oliver/publication/228920282_The_role_of_ICT_in_higher_education_for_the_21st_century_ICT_as_a_change_agent_for_education/links/09e4150cc14907835c000000/The-role-of-ICT-in-higher-education-for-the-21st-century-ICT-
- Pedroza Rojas, O. A., & Crespo Alvarado, M. F. (2017). Importancia del diseño tecnopedagógico basado en el enfoque de la acción, para reforzar el dominio del idioma inglés como segunda lengua. *Revista Colombiana de Computación*, 18(2), 7–21. <https://doi.org/10.29375/25392115.3214>
- Peixoto, M. J. P. (2017). *Lucy: um ambiente para aulas práticas de computação ubíqua* [Disertación de Maestría]. Universidade Federal do Ceará.
- Peña-Ayala, A., & Cárdenas-Robledo, L. A. (2019). A cybernetic method to regulate learning through learning strategies: A proactive and reactive mechanism applied in U-Learning settings. *Computers in Human Behavior*, 98, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.036>
- Peña-Azpiri, M. Á., & Escudero-Nahón, A. (2020). Aproximaciones al aprendizaje ubicuo en ambientes educativos formales. Una revisión sistemática de la literatura, 2014-2019. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 12(23). <https://doi.org/10.22430/21457778.1716>

- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15–29.
- Pimmer, C., Mateescu, M., & Gröhbiel, U. (2016). Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies. *Computers in Human Behavior*, 63, 490–501. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.057>
- Rojas, I., & Navarrete, Z. (2019). *Modalidades no presenciales de educación superior en México: composición, tendencias y desafíos*.
- Sedek, M., Mahmud, R., Jalil, H. Ab., & Daud, S. M. (2012). Types and Levels of Ubiquitous Technology use among ICT Undergraduates. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 64, 255–264. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.030>
- Serrano González-Tejero, J. M., & Pons Parra, R. M. (2008). La concepción constructivista de la instrucción: Hacia un replanteamiento del triángulo interactivo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 13, 681–712. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662008000300002&nrm=iso
- Shih, R.-C., Lee, C., & Cheng, T.-F. (2015). Effects of English Spelling Learning Experience through a Mobile LINE APP for College Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 2634–2638. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.945>
- Stufflebeam, D. L. (2003). The CIPP Model for Evaluation. En *International Handbook of Educational Evaluation* (pp. 31–62). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0309-4_4
- Tan, P. J. B. (2013). Applying the UTAUT to Understand Factors Affecting the Use of English E-Learning Websites in Taiwan. *SAGE Open*, 3(4), 215824401350383. <https://doi.org/10.1177/2158244013503837>
- Trejo Sirvent, M. L., Llaven Coutiño, G., & Culebro Mandujano, Ma. E. (2014). RETOS Y DESAFÍOS DE LAS TIC Y LA INNOVACIÓN EDUCATIVA. *Atenas*, 4(28), 130–143.
- Tsai, C. W., Shen, P. Di, & Chiang, I. C. (2020). Investigating the effects of ubiquitous self-organized learning and learners-as-designers to improve students' learning performance, academic motivation, and engagement in a cloud course. *Universal Access in the Information Society*, 19(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0614-8>
- Twenge, J. M. (2018). *What's the Biggest Challenge for Colleges and Universities?* The New York Times. <https://www.nytimes.com/2018/06/05/education/learning/biggest-challenge-for-colleges-and-universities.html>
- Valenzuela-Valdés, J. F., Pardo, P. J., Padilla, P., & Lozano-Guerrero, A. J. (2016). Low Cost Ubiquitous Context-Aware Wireless Communications Laboratory for Undergraduate Students. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(1), 31–36. <https://doi.org/10.1109/TLT.2015.2438864>
- Vázquez-Cano, E., & Calvo-Gutiérrez, E. (2015). Adolescentes y cibermedios: Una didáctica basada en aplicaciones periodísticas para smartphones. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 41(2), 255–270. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052015000200015>
- Venkatesh, Morris, Davis, & Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>

- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L. T., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of IT. *Forthcoming in MIS Quarterly*, 36(1), 157–178.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21 st century. *Scientific American Special Issue: Communications, Computers and Networks: How to Work, Play and Thrive in Cyberspace*, 265(3), 94–105. <https://www.jstor.org/stable/24938718>
- Wen, C., & Zhang, J. (2015). Design of a Microlecture Mobile Learning System Based on Smartphone and Web Platforms. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 203–207. <https://doi.org/10.1109/TE.2014.2363627>
- Wiley, S. (2020). *Understanding today's workforce: Generational differences and the technologies they use*. Firms of the Future. <https://www.firmofthefuture.com/content/understanding-todays-workforce-generational-differences-and-the-technologies-they-use/>
- Wu, T.-T., Huang, Y.-M., Chao, H.-C., & Park, J. H. (2014). Personalized English reading sequencing based on learning portfolio analysis. *Information Sciences*, 257, 248–263. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.07.021>
- Xiao, H. (2019). Comparing factors that influence learning management systems use on computers and on mobile. *Information and Learning Sciences*, 120(7/8), 468–488. <https://doi.org/10.1108/ILS-12-2018-0127>
- Yahya, S., Ahmad, E., & Jalil, K. (2010). The definition and characteristics of ubiquitous learning. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 6(1), 117–127.
- Zacarias, F., Cuapa, R., Lozano, F., Vazquez, A., & Zacarias, D. (2008). *u-Teacher: Ubiquitous Learning Approach* (pp. 9–20). https://doi.org/10.1007/978-3-540-69736-7_2
- Zhang, Y., Li, X., Zhu, L., Dong, X., & Hao, Q. (2019). What Is a Smart Classroom? a Literature Review. En S. Yu, H. Niemi, & J. Mason (Eds.), *Shaping Future Schools with Digital Technology: An International Handbook* (pp. 25–40). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9439-3_2
- Zheng, W., Pan, H., & Peng, Y. (2018). Explore the Ubiquitous Learning on Campus: A Friendship-Based Knowledge Diffusion Approach. *IEEE Access*, 6, 56238–56245. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2872785>

13 Anexos

Consentimiento informado de profesor investigador

El que suscribe, _____ con número de trabajador institucional _____ declaro que:

Se me ha explicado que mi participación en el estudio “Diseño de un modelo de u-Learning para facilitar el aprendizaje en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla”, consistirá en utilizar un sistema automatizado como parte de la materia de “Formación humana y social” y después responder una entrevista que pretende aportar al conocimiento, comprendiendo que mi participación representa una valiosa contribución.

Acepto la solicitud de que la entrevista sea grabada en formato de audio para su posterior transcripción y análisis, y declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles beneficios, riesgos y molestias derivados de mi participación en el estudio, y que se me ha asegurado que mi identidad, datos personales y la información que entregue, estarán protegidos por el anonimato y la confidencialidad.

El investigador responsable del estudio, Miguel Angel Peña Azpiri, se ha comprometido a aclarar cualquier duda que se plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, riesgos, beneficios o, cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

En caso de que el producto específico de mi participación se requiera mostrar al público en formato de algún tipo de publicación, se me solicitará previamente una autorización por escrito.

Por lo tanto, como participante, acepto la invitación en forma libre y voluntaria y declaro estar informado de que los resultados de esta investigación tendrán como producto final la tesis de doctorado del investigador responsable.

He leído esta hoja de Consentimiento y acepto participar en este estudio según las condiciones establecidas.

H. Puebla de Z. a

Firma Profesor

Firma investigador

Consentimiento informado del estudiante

El que suscribe, _____ con número de matrícula _____
declaro que:

Se me ha explicado que mi participación en el estudio “Diseño de un modelo de u-Learning para facilitar el aprendizaje en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla”, consistirá en utilizar un sistema automatizado como parte de la materia de “Formación humana y social” y después responder una encuesta que pretende aportar al conocimiento, comprendiendo que mi participación representa una valiosa contribución.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles beneficios, riesgos y molestias derivados de mi participación en el estudio, y que se me ha asegurado que mi identidad, datos personales y la información que produzca, estarán protegidos por el anonimato y la confidencialidad.

El investigador responsable del estudio, Miguel Angel Peña Azpiri, se ha comprometido a aclarar cualquier duda que se plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, riesgos, beneficios o, cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

En caso de que el producto específico de mi participación se requiera mostrar al público en formato de algún tipo de publicación, se me solicitará previamente una autorización por escrito.

Por lo tanto, como participante, acepto la invitación en forma libre y voluntaria y declaro estar informado de que los resultados de esta investigación tendrán como producto final la tesis de doctorado del investigador responsable.

He leído esta hoja de Consentimiento y acepto participar en este estudio según las condiciones establecidas.

H. Puebla de Z. a

Firma Estudiante

Firma investigador

Invitación a entrevista para experto

Proyecto: Diseño de un modelo de u-learning para facilitar el aprendizaje en la BUAP

Experto: _____

Área: _____

Introducción

U-learning

El *ubiquitous learning* o aprendizaje ubicuo es una modalidad educativa que se vale de las características de omnipresencia de los dispositivos de cómputo para permitir que el proceso educativo se lleve a cabo sin importar el tiempo o el lugar en el que se desarrolla, y también añade dimensiones de practicidad, colaboración y significado al hecho educativo.

Por sus características, es considerado un tipo de educación en línea (e-learning) y, en este sentido, para implementar un modelo de u-learning se requiere por un lado revisar el aspecto tecnológico, por otro el pedagógico y finalmente el institucional.

Respecto al aspecto tecnológico

En su opinión y con base en su experiencia:

- ¿qué tecnologías están disponibles para utilizarse como base de una implementación institucional de un modelo alternativo de aprendizaje? – en este caso uno de aprendizaje ubicuo
- ¿qué dispositivos inteligentes / electrónicos están disponibles para usarse dentro de la institución por estudiantes y profesores?
- ¿con qué dispositivos cuentan los estudiantes y profesores en sus casas?
- ¿con qué tecnologías cuentan los estudiantes y profesores en sus casas?
- ¿hay tecnologías o dispositivos que la universidad pudiera ofrecer para el uso personal de profesores y estudiantes fuera de la institución?
- ¿los profesores y estudiantes saben usar estos dispositivos y tecnologías?

Respecto al aspecto pedagógico

El modelo universitario Minerva se rige por el constructivismo y el humanismo crítico; en su opinión y con base en su experiencia:

- ¿qué tipo de actividades educativas se pueden adaptar a un modelo de aprendizaje ubicuo?
- ¿qué tanto porcentaje de una materia completa se podría adaptar a un modelo de aprendizaje ubicuo?

Respecto al aspecto institucional

En su opinión y con base en su experiencia:

- ¿los estudiantes recibirían de manera positiva un modelo de este tipo?
- ¿los profesores recibirían de manera positiva un modelo de este tipo?
- ¿qué tipo o categoría de estudiantes tendría un mayor impacto positivo de la aplicación de un modelo de aprendizaje ubicuo?
- ¿cuáles son las limitantes u obstáculos, a los que se enfrenta la implementación de un modelo de aprendizaje ubicuo en la BUAP.

Entrevista de evaluación del sistema

Clave de entrevistado: _____

Entrevistador: _____

Lugar: _____

Objetivo: Conocer la opinión del entrevistado sobre la aplicación del sistema XUAP en la materia Formación Humana y Social, en su papel como profesor del grupo.

Temas por tratar:

- Escenarios de aprendizaje
- Sistema de control
- Interacción con el usuario
- Consciencia del contexto del estudiante
- Condiciones facilitadoras
- Impacto esperado
- Utilidad del sistema
- Consideraciones y limitantes

Secuencia inicial:

- Bienvenida y agradecimiento.
- Revisión del consentimiento informado.

Preguntas:

1. ¿Considera que el escenario híbrido que usamos en el sistema atiende las necesidades actuales de los estudiantes?
2. ¿Considera que el sistema y sus características tecnológicas cubren las necesidades de los involucrados?
3. ¿Considera que la interacción del sistema con los estudiantes fue adecuada?
4. ¿Considera que la información contextual que el sistema obtiene del estudiante es suficiente para alcanzar el objetivo de darles una formación significativa?
5. ¿Cree que existan en la universidad las condiciones para utilizar el sistema propuesto?
6. ¿Cuál cree que serán los resultados de implementar el sistema propuesto de manera general en la institución? ¿cree que el impacto sea positivo o negativo?
7. ¿Cree que el sistema será de utilidad para los actores involucrados? ¿qué tanto cree que les sirva?
8. ¿Qué problemas cree que puedan surgir a raíz de la implementación del sistema propuesto?
9. ¿Tiene algún comentario más al respecto?

Secuencia final:

- Agradecimiento y despedida.

Transcripción ejemplo de entrevista con un profesor

Clave de entrevistado: P1

Entrevistador: Miguel Peña Azpiri

Lugar: Puebla, PUE. Cubículo del profesor.

R1. Creo que actualmente los canales de comunicación son variados, y debido a que contamos con diferentes plataformas de asistencia para clases en línea, es muy muy interesante, debido a que las instalaciones y herramientas con las que cuenta la universidad nos permiten interactuar en la forma educativa de diferentes formas.

R2. Creo que parcialmente, en el tiempo que llevamos de pandemia se han desarrollado y mejorado grandemente las funciones de las plataformas de aprendizaje en línea, la infraestructura puede ser deficiente en algunas de las zonas de residencia de los alumnos, y eso puede limitar la interacción, y también su participación en las tareas que se asignan en los cursos en línea, pero bueno, son diferentes necesidades que se tienen que atender con cada uno de los estudiantes.

R3. Me parece aquí que la interacción fue por etapas, partimos de un aprendizaje hacia el dominio de las funciones que ofrecen las plataformas, sabemos que cada una está diseñada con interfaces distintas, y que cada alumno, se puede adecuar más fácilmente a una o a otra. Es importante comentar, que el uso de estas plataformas les solía confundir y entonces, durante las clases, le costaba a veces trabajo participar, porque no encontraba los botones para interactuar con el docente, y a veces incluso en la grabación de algunas clases, sin embargo, las interfaces, mientras más amigables, bueno, pueden servir más en la participación de los estudiantes.

R4. Creo que tenemos diferentes variables que afectan en la formación del estudiante, vivimos en una sociedad con muy diversos contextos y detectarlos para poder analizarlos y diseñar estrategias que nos permitan tener una formación significativa, es un proceso complejo. Como docente he observado que incluso el estado de ánimo afecta en el día a día, cuando tenemos una clase. Sin embargo, es bueno, muy muy bueno, poner al alcance del alumno diferentes métodos de obtención de información y generación de conocimiento.

R5. Estamos abiertos a diseñar y aplicar diferentes métodos y estrategias que nos permitan mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, siempre viendo el beneficio de nuestros estudiantes. También capacitándonos como docentes para obtener el mayor provecho del sistema podemos tener diferentes formas de interactuar con los estudiantes y así atender también cada una de sus formas de aprendizaje.

R6. Me parece que será positivo. Nosotros tenemos, este, generaciones de estudiantes que son nativos digitales y bueno, muestran aceptación al interactuar con la tecnología. He visto incluso que a veces dominan herramientas que, por difusión los docentes no

conocemos, y ellos, les encanta estar probando diferentes interfaces, programas para aprender.

R7. En la parte docente creo que tenemos un gran beneficio, porque tenemos resultados en formas digitales y bueno son datos que podemos manipular y que también podemos entender de una forma incluso visual manejando algunos reportes. La diversidad de información que se muestra y el análisis de los datos dependiendo del tiempo y el lugar en que se aplique nos van a permitir conocer cómo se desenvuelve el estudiante cuando visita o navega por algunos temas.

R8. Solo he pensado en los beneficios. Creo que atender el proceso de enseñanza aprendizaje desde un punto de vista distinto, nos va a permitir analizar y desarrollar estrategias en beneficio del aprendizaje de los estudiantes. Entonces siempre estoy enfocada a la parte positiva en beneficio de ellos.

R9. Solo, solo que este tipo de proyectos me emocionan mucho. Porque siento que involucran a todos los actores de este proceso, y benefician a la universidad por el interés principalmente que hay en los estudiantes, que son, pues el centro de nuestro quehacer.

Datos cuantitativos de aplicación

Cod Usuario	Grupo de control		Cod Usuario	Grupo experimental	
	Pre	Post		Pre	Post
UC1	4	8	UX1	7	11
UC2	5	8	UX2	8	12
UC3	6	8	UX3	7	12
UC4	5	9	UX4	7	11
UC5	6	9	UX5	4	9
UC6	6	9	UX6	8	11
UC7	6	9	UX7	8	11
UC8	6	9	UX8	7	12
UC9	6	9	UX9	8	11
UC10	6	9	UX10	7	12
UC11	7	9	UX11	8	11
UC12	7	9	UX12	8	12
UC13	7	9	UX13	7	12
UC14	7	9	UX14	7	12
UC15	7	9	UX15	7	12
UC16	7	9	UX16	7	11
UC17	8	9	UX17	6	10
UC18	8	9	UX18	7	12
UC19	4	10	UX19	6	10
UC20	5	10	UX20	6	10
UC21	6	10	UX21	7	12
UC22	6	10	UX22	7	12
UC23	7	10	UX23	8	11
UC24	7	10	UX24	7	12
UC25	7	10	UX25	9	12
UC26	7	10	UX26	7	12
UC27	7	10	UX27	7	12
UC28	7	10	UX28	9	12
UC29	8	10	UX29	7	10
UC30	8	10	UX30	7	10
UC31	8	10	UX31	7	10
UC32	8	10	UX32	7	11
UC33	8	10	UX33	7	12
UC34	8	10	UX34	9	12
UC35	8	10	UX35	8	12
UC36	8	10	UX36	7	12
UC37	8	10	UX37	7	10
UC38	8	10	UX38	7	12
UC39	8	10	UX39	7	12
UC40	8	10	UX40	8	10

UC41	8	10	UX41	8	12
UC42	7	11	UX42	7	11
UC43	7	11	UX43	7	11
UC44	8	11	UX44	7	11
UC45	8	11	UX45	7	12
UC46	8	11	UX46	8	12
UC47	8	11	UX47	7	11
UC48	8	11	UX48	8	12
UC49	9	11	UX49	4	10
UC50	7	12	UX50	9	11
UC51	7	12	UX51	6	12
UC52	7	12			
UC53	8	12			
UC54	8	12			
UC55	8	12			
UC56	9	12			