



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Estrategias para mejorar la formación con BIM: Análisis pedagógico de dos casos de uso

Treball realitzat per:
Nuria Ferrer Xipell

Dirigit per:
Ignacio Valero López
Francisco Javier Mora Serrano

Màster en:
Enginyeria Estructural i de la Construcció.....

Barcelona, gener de 2018

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

TREBALL FINAL DE MÀSTER



TESI DE MÀSTER

Màster

Ingeniería Estructural y de la Construcción

Títol

ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA FORMACIÓN CON BIM: ANÁLISIS PEDAGÓGICO DE DOS CASOS DE USO

Autor

Nuria Ferrer Xipell

Tutor

Francisco Javier Mora Serrano
Ignacio Valero López

Intensificació

Especialidad: Construcción.
Departamento: Ingeniería Civil y Ambiental

Data

Enero 2018

ÍNDICE

Índice.....	1
Resumen	3
Abstract	3
Agradecimientos.....	4
Capítulo 1: Introducción.....	5
1.1. Motivación	5
1.2. Uso de las TIC para el aprendizaje	11
1.3. BIM (modelos, simulaciones y juegos).....	12
1.4. Objetivo	18
Capítulo 2: Revisión bibliográfica	19
2.1. Uso de modelos BIM en entornos de aprendizaje	19
2.2. Iniciativas existentes que incluyen juegos y simulaciones en la formación.....	21
2.3. Marcos pedagógicos	23
2.3.1. Marco tridimensional de Conole Dyke, Oliver y Seale	23
2.3.2. Marco cuatridimensional de Freitas y Oliver	27
2.3.3. Taxonomía de Bloom	29
Capítulo 3: Caso de uso 1: <i>Learning pills for vocational training in construction</i>	31
3.1. Modelo actual de enseñanza.....	31
3.2. Mejoras aportadas por BIM	33
3.2.1. Punto de partida	34
3.2.2. Descripción de las <i>learning pills</i>	34
3.3. Modo de aplicación propuesto para las <i>learning pills</i>	37
3.4. Aplicación de los marcos pedagógicos a las <i>learning pills</i>	37
3.4.1. Marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale	37
3.4.2. Marco para la evaluación de actividades de Freitas y Oliver	39
3.4.3. Taxonomía de Bloom	40
3.5. Propuesta para mejorar las <i>learning pills</i>	42
3.5.1. Análisis de las <i>learning pills</i> mejoradas	42

Capítulo 4: Caso de uso 2: <i>serious games</i> for safety precautions at the building site	46
4.1. Modelo actual de formación	46
4.2. Mejoras aportadas por BIM	48
4.2.1. Punto de partida	49
4.2.2. Descripción del juego.....	51
4.3. Modo de aplicación de la herramienta	52
4.4. Mejoras aportadas	52
4.5. Aplicación de los marcos al <i>serious game</i>	53
4.5.1. Marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale	53
4.5.2. Marco para la evaluación de actividades de Freitas y Oliver	55
4.5.3. Taxonomía de Bloom	56
4.6. Propuesta para mejorar el juego	57
4.6.1. Análisis del juego mejorado	57
Capítulo 5: Conclusiones	62
Capítulo 6: Bibliografía	64
6.1. Referencias bibliográficas.....	64

Anexos a la memoria

RESUMEN

Los avances tecnológicos, tanto en comunicación como BIM, benefician enormemente no sólo la realidad de las obras de construcción, sino que pueden ser de gran ayuda en las aulas. En este trabajo se estudiará cómo el desarrollo de la tecnología unido a aspectos más pedagógicos, que tengan en cuenta el modo de aprender, nos pueden ayudar a identificar algunas carencias de la formación de los trabajadores del sector de la construcción y elaborar herramientas para mejorar esta experiencia formativa.

RESUM

Els avenços tecnològics, tant en comunicació com a BIM, beneficien enormement no només la realitat de les obres de construcció, sinó que poden ser de gran ajuda a les aules. En aquest treball s'estudiarà com el desenvolupament de la tecnologia unit a aspectes més pedagògics, que tinguin en compte la manera d'aprendre, ens poden ajudar a identificar algunes mancances de la formació dels treballadors del sector de la construcció i elaborar eines per tal de millorar aquesta experiència formativa.

ABSTRACT

Technological advances, both in communication and BIM, greatly benefit not only the reality of construction sites, but can also be of great help in the classroom. In this work, we will study how the development of technology together with more pedagogical aspects, that take into account how the students learn, can help us identify some shortcomings in the training of construction workers and develop tools to improve this training experience.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis tutores: Ignacio Valero, Javier Mora, Gilbert Peffer y Bárbara Llacay su ayuda durante estos meses de trabajo y su dedicación y paciencia.

Dar las gracias a todos lo que me han ayudado a llegar hasta aquí. A mi increíble familia, especialmente a Roser por sus comentarios y correcciones; y a mis padres, sin ellos no estaría leyendo esto. A mis amigos que tantas veces me han escuchado y apoyado.

Por último, a Jesús amigo fiel que nunca me ha dejado sola y siempre ha creído en lo mejor de mí.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explicarán los motivos que nos han llevado a desarrollar este trabajo, el concepto de BIM, *serious game* y simulaciones. Se expondrán los objetivos y se explicará cómo está estructurada la memoria

1.1. Motivación

La construcción forma parte del sector secundario de la economía, dentro de las actividades de construcción se incluyen: la preparación de obras, construcción de muebles y obras de ingeniería civil, instalaciones de edificios y obras, acabados, el alquiler de equipos de construcción y demolición. La evolución de la actividad de este sector en España es un reflejo de la evolución de la economía. En el año 2016, el peso de la construcción sobre el PIB se situó en torno al 5,1% del total; sin embargo, en años anteriores a la crisis alcanzó valores del 10,4%. En la figura 1 se muestra el porcentaje de la industria de la construcción sobre el PIB:

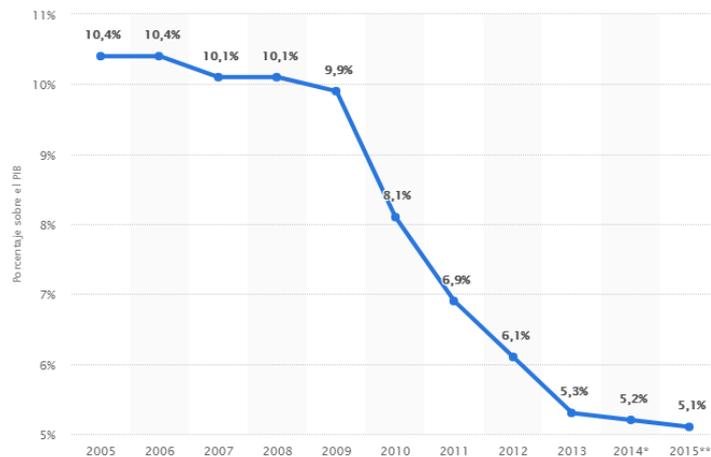


Figura 1: Evolución del peso de la construcción en el PIB (1)

En los periodos de crecimiento económico se produce un incremento de inversiones y demanda con la consiguiente generación empleo, sin embargo en los periodos de recesión la demanda disminuye (por falta de inversión y disminución del mercado) con la resultante destrucción de empleo. En la Figura 2 se muestra la evolución de este sector en los últimos años:

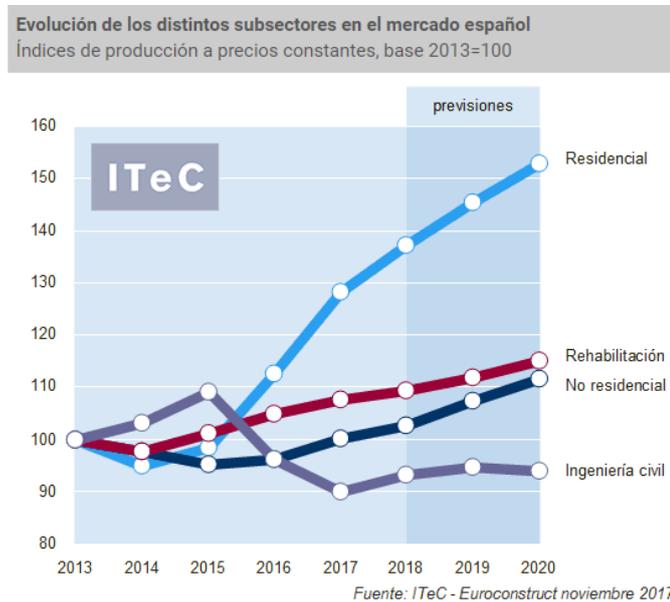


Figura 2: Evolución del sector de la construcción en España. Fuente: ITeC (2)

En la gráfica se puede apreciar la tendencia creciente de la actividad en el sector.

En la siguiente figura se muestra la evolución de este sector en millones de euros:

EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA						
Millones de euros y porcentaje						
Producción en España	2012	2013	2014	% var. 14/13	2015	% var. 15/14
Obra civil	31.140	23.905	20.904	-12,6%	21.531	3,0%
Edificación residencial	33.090	28.920	28.190	-2,5%	30.163	7,0%
Edificación no residencial	19.985	17.660	17.658	-	18.188	3,0%
Rehabilitación y mantenimiento	31.800	28.980	29.283	1,0%	31.479	7,5%
TOTAL	116.015	99.465	96.035	-3,4%	101.361	5,5%

NOTA: La obtención de nueva información ha provocado un cambio en las cifras respecto a las recogidas en informes anteriores

Fuente: DBK sobre datos Instituto Nacional de Estadística (INE) y Asociación Nacional de Empresas Constructoras de Ámbito Nacional (SEOPAN)

Figura 3: Evolución de la construcción en España. Fuente: Informe sectorial de la economía española, CESCE (3)

El sector de la construcción es uno de los sectores donde se ha registrado una mayor accidentalidad en el año 2017, sólo superado por las actividades de industrias extractivas (4).



Figura 4: Índice de accidentalidad por sectores. Fuente: Ministerio de Empleo y Seguridad Social (4)

El incremento de la actividad en el sector va acompañado de un aumento de las contrataciones, lo que implica un aumento del número de personas en situación de riesgo.

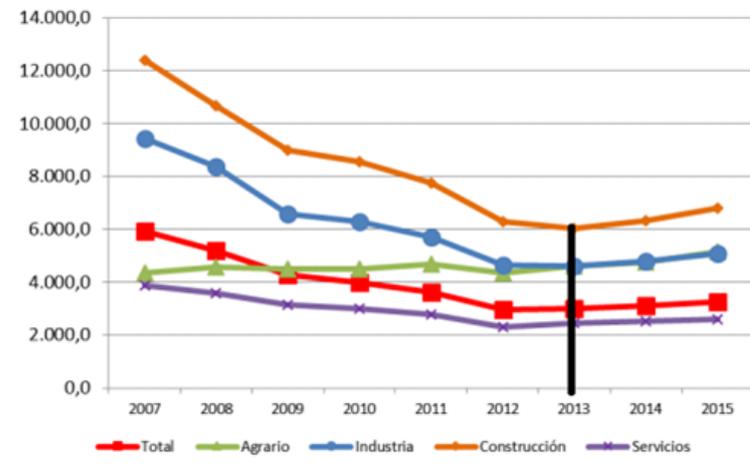


Figura 5: Evolución de la accidentalidad por sectores. Fuente: Informe Anual de Accidente de Trabajo en España 2015, INSHT (5)

En la Figura 5 se puede apreciar que, a partir de 2013, con la recuperación de la economía y el aumento de las contrataciones, se produce un repunte de la accidentalidad en todos los sectores, este aumento es especialmente pronunciado en la construcción.

Para lograr un descenso de los accidentes en el trabajo es importante una formación adecuada de los trabajadores; no sólo formación inicial en los diversos oficios implicados en la construcción, sino la actualización de los conocimientos a lo largo de toda la vida profesional. Dada la gran diversidad de especialidades presentes en una obra, es importante que sus trabajadores conozcan no sólo los riesgos propios de su oficio, sino que conozcan todos los riesgos, relacionados también con otros ámbitos.

Actualmente, esta formación en prevención de riesgos laborales se lleva a cabo siguiendo un método de enseñanza tradicional. El formador proporciona material e información sobre cómo deben hacerse las tareas. Esto ofrece al trabajador conceptos teóricos sobre lo que se encontrará en la obra, pero la realidad del día a día puede ser muy distinta. Faltan en este modelo los casos prácticos, que serán de mayor utilidad en el transcurso de la obra. Por otra parte, la formación en los ciclos de formación profesional sí que cuenta con enseñanzas prácticas, pero éstas no siempre reflejan la realidad de las obras. Consideramos que un trabajador será más eficiente y trabajará de forma más segura si conoce de antemano la realidad de una obra de construcción.

Esta formación de los trabajadores del sector puede resultar más eficiente con un enfoque pedagógico adecuado. Se pueden distinguir tres enfoques:

1. Pedagógico: técnicas de enseñanza orientadas a educar niños y adolescentes.
2. Andragógico: técnicas de enseñanza orientadas a la educación de adultos mediadas por un profesor (6).
3. Heutagógico: técnicas de aprendizaje para adultos donde éstos determinan su propio proceso. (la diferencia con la andragogía es que la heutagogía es más cercana al autoaprendizaje).

En la Figura 6 se muestra una relación entre los distintos enfoques según la madurez y el control del docente:

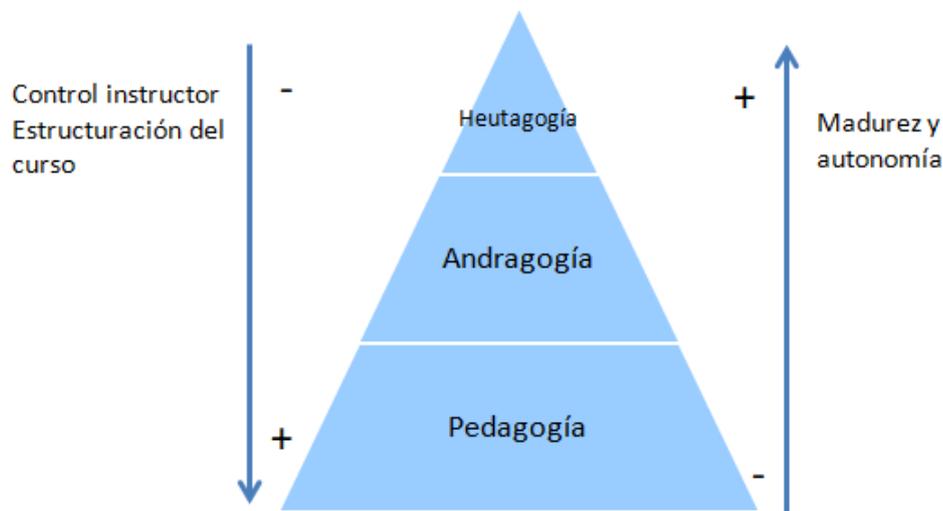


Figura 6: evolución hacia la heutagogía. Fuente: Elaboración propia basado en (7)

En este trabajo utilizaremos la palabra pedagogía por ser la de uso más extendido (para referirnos a andragogía).

Las principales diferencias entre los distintos enfoques vienen dadas por la forma de aprendizaje de adultos y niños:

- Mientras que el aprendizaje de los niños está dirigido y organizado por el profesor, los adultos tienden a ejercer mayor control sobre lo que van a aprender (*self-directed learning*, el estudiante es 100% responsable de su propio aprendizaje). (8)
- La experiencia juega un papel diferente según la edad del estudiante. Los niños apenas tienen experiencia de vida, por tanto, no pueden usarla como fuente de conocimiento. Los adultos, en cambio, tienen más experiencia y ésta es uno de sus recursos principales en el aprendizaje (8).



- La razón principal por la que aprenden los niños es el desarrollo de habilidades y la adquisición de conocimientos, por ello es el maestro quien decide qué y cómo se va a estudiar. Sin embargo, los adultos necesitan saber por qué deben aprender algo, para qué les va a servir. Dado que ya han desarrollado sus habilidades durante la infancia, los adultos buscan aprender aquello que les vaya a ayudar a resolver problemas y situaciones de su trabajo (saben qué y para qué quieren aprender) (8).
- La motivación para aprender durante la infancia hace referencia a factores externos (sacar buenas notas, conseguir un buen trabajo en el futuro, evitar un castigo, etc.). En la edad adulta, lo que motiva a continuar aprendiendo es la curiosidad, el deseo de una mejor calidad de vida, de aumentar la autoestima, la confianza en uno mismo, buscar mayor reconocimiento. Son motivación internas (impuestas por uno mismo) (8).

Por otro lado, con el impulso de las nuevas tecnologías surgen herramientas que pueden contribuir a dar un nuevo enfoque a esta formación. Estas herramientas, tales como BIM (Building Information Modelling), realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) y *serious games*, pueden servir de apoyo para proporcionar el elemento práctico ausente hasta ahora.

El auge de las tecnologías de la comunicación y tecnologías BIM, el beneficio que supone el *e-learning* y las novedades que todo ello puede ofrecer en el campo de la pedagogía, nos llevan a plantearnos:

- ¿Qué oportunidades ofrece BIM?
- ¿Cómo pueden los trabajadores beneficiarse de ellas en la etapa de formación?
- ¿Qué enfoque pedagógico se le puede dar?

En definitiva, ¿cómo podemos mejorar la formación de los profesionales de la construcción mediante la implantación de estas técnicas?

Es decir, como se ve en la imagen, teniendo en cuenta las novedades tecnológicas (tanto BIM como las TIC) y las novedades pedagógicas, hacer uso de estas para identificar las carencias de la formación actual y buscar mejoras que suplan estas carencias.

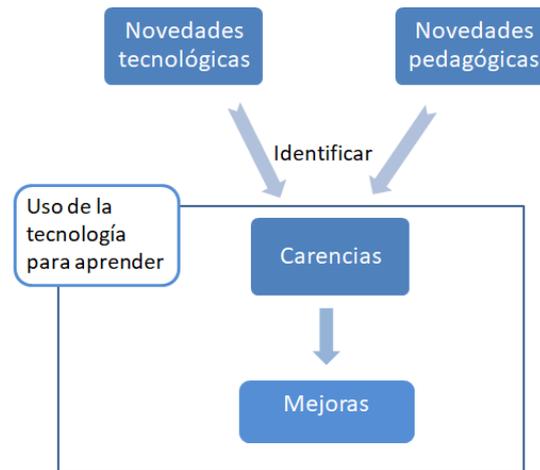


Figura 7: Esquema. Elaboración propia

Para acotar el trabajo, nos centraremos en el ciclo de formación profesional, pues consideramos esta etapa como la base del saber hacer de los profesionales. También incluimos la formación en materia de prevención de riesgos laborales, ya que ésta es fundamental para evitar accidentes y para asegurar la mayor seguridad posible en el trabajo.

1.2. Uso de las TIC para el aprendizaje

El desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) favorece una nueva forma de enseñar. Permite al alumno acceder de forma rápida y sencilla a gran cantidad de contenidos en diferentes formatos. Esto lleva a un aprendizaje más autónomo, y ligado a la investigación.

Por otra parte, ha desembocado en el desarrollo de nuevas aplicaciones, formas de evaluación: elaboración de presentaciones, videos, foros para debatir sobre determinados temas, incluso juegos educativos.

El avance de las TIC hace también posible un modelo de formación a distancia. Las características de este modelo son (9):

- Existe una separación física entre alumno y profesor durante el proceso de enseñanza.
- La encargada de proporcionar el material didáctico al alumno es una institución educativa.
- Uso de medios técnicos para entregar los materiales y comunicarse con el profesor.
- Existe un canal de comunicación bidireccional entre alumno y maestro.
- Ausencia de trabajo en grupo (cuasi-permanente).

Se considera *e-learning* al conjunto de aplicaciones y procesos que implican la distribución y el acceso a contenidos mediante medios electrónicos (9). La formación a distancia podría considerarse como una forma de *e-learning*. La formación *online* supone una serie de ventajas (9):

- Acceso las 24 horas 365 días del año: flexibilidad horaria para acceder a los recursos del curso.
- Ubicuidad: acceso a los recursos desde cualquier lugar y dispositivo.
- Digitalización: acceso a los recursos en diferentes formatos (textos, videos, imágenes...). Permite diferentes aproximaciones favoreciendo la comprensión de los contenidos.
- Interacción: diferentes formas de relación entre las personas que intervienen (videoconferencias, chats, correo electrónico, foros, etc.) y con los contenidos (texto, multimedia, realidad virtual).
- Registro y monitorización: "permite conocer la interacción de los usuarios con el entorno de formación." (9)
- Personalización: adaptación de contenidos y la interfaz a las necesidades del usuario gracias a la disponibilidad de información sobre éste.
- Inmediatez: la actualización de contenidos llega de forma instantánea a todos los usuarios.
- Interconexión: integración del entorno de formación con otros sistemas de información lo que supone un enriquecimiento del proceso formativo.
- Pluralidad: permite la participación en el curso de un grupo grande de usuarios sin perder calidad.
- Globalización: permite el acceso al curso desde cualquier lugar del planeta.

Todas estas ventajas convierten el empleo de las TIC en el medio ideal para la formación continua de profesionales.

1.3. BIM (modelos, simulaciones y juegos)

BIM (*Building Information Modelling*) no es sólo una tecnología, es también una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de construcción en sus diferentes fases (desde la fase de diseño hasta la demolición). Incluye toda la información del proyecto en un modelo digital. El modelo BIM incluye la información geométrica del proyecto (3D), tiempos (4D), costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

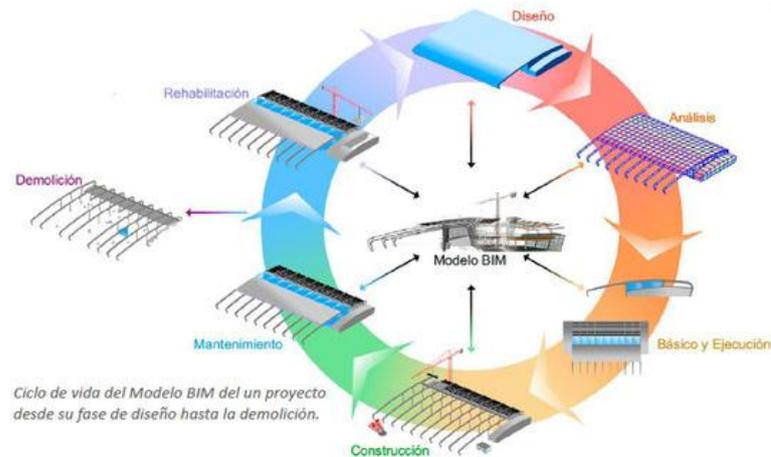


Figura 8: ciclo de un modelo BIM. Fuente: *buildingsmart.es* (10)

Las herramientas BIM permiten realizar un modelo tridimensional fiel de un edificio en sus diferentes etapas. Pueden ser un nexo importante entre unos planos o diseño y la realidad. Permiten además la visualización del edificio antes incluso de su existencia física, lo cual facilita enormemente la comunicación entre los participantes del proyecto, desde el proyectista que realiza el diseño, a la dirección facultativa, el cliente o los trabajadores de las diferentes especialidades en la obra.

La tecnología BIM es un soporte que permite el acceso al modelo a las diferentes partes, contiene toda la información detallada, facilita la detección y corrección de errores en el diseño antes de la construcción (detección de colisiones entre elementos estructurales o no estructurales, entre elementos estructurales e instalaciones...)

Las ventajas que ofrece BIM, unidas a la introducción de BIM como forma de trabajo, implican un aumento de la demanda de profesionales con manejo de estos programas. Además, el desarrollo de nuevas normativas que exigen modelos de este tipo en contrataciones públicas, evidencia la necesidad de incluir BIM en la formación. A pesar de que hay centros que ya ofrecen esta formación, el Departamento de Educación de la Generalitat de Cataluña, junto con el ITeC está diseñando un plan de actuación para la introducción de BIM en los centros de enseñanza. De esta forma, al finalizar el ciclo, los estudiantes recibirán un certificado de acreditación de conocimientos de BIM (11).

Con el aumento en la demanda de profesionales con manejo de programas BIM crece también la oferta de formación en este tipo de programas. Sin embargo, su entrada en las aulas no ha sido sólo como formación **en** BIM, sino que va en aumento la formación **con** BIM. Es decir, la demanda de profesionales con dominio de programas BIM ha derivado en la aparición de cursos específicos para enseñar el uso de estas herramientas, o a la inclusión de éstos en el currículo de

otros programas (formación **en** BIM). Pero también se han desarrollado cursos donde estas tecnologías son meramente una herramienta para alcanzar otros objetivos (formación **con** BIM); por ejemplo, se ha demostrado que el uso de BIM mejora la capacidad de los estudiantes de estimar las cantidades de material en una obra (12; 13).

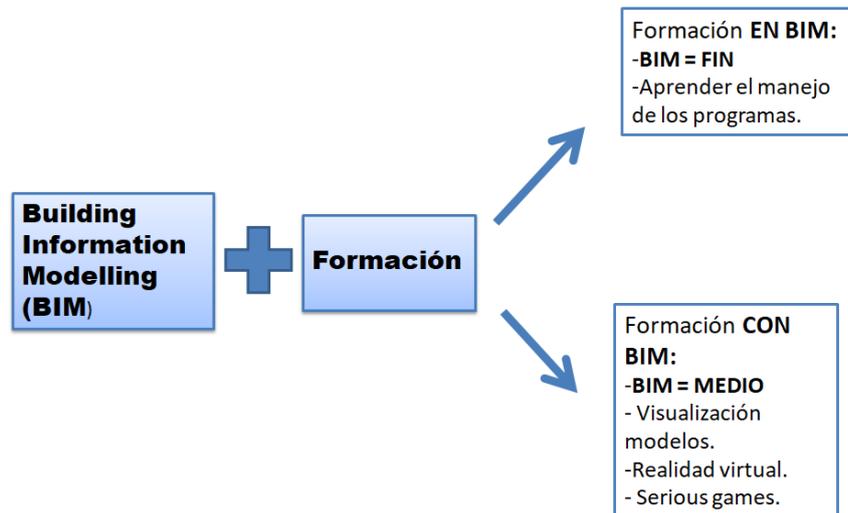


Figura 9: Opciones de BIM en la formación. *Elaboración propia*

La entrada de BIM en las aulas como "medio" puede hacerse de muchas maneras: a través del modelo en sí o usando estos modelos para el desarrollo de numerosas herramientas y aplicaciones para complementar el aprendizaje (simulaciones, juegos...). La selección del tipo de herramienta dependerá de los objetivos que se quieran alcanzar.

En este trabajo nos centraremos en la inclusión de BIM en las aulas como medio (formación con BIM) para explorar qué oportunidades ofrece y cómo potencian o favorecen el aprendizaje.

Simulaciones y serious games:

A partir de un modelo BIM se pueden desarrollar numerosas aplicaciones con distintos propósitos. En ingeniería, antes de la creación de cualquier objeto se realiza un modelo a escala. A partir de este modelo el ingeniero lleva a cabo distintos análisis: de materiales, de resistencia, para reducir costes, etc. Estos análisis, realizados con programas informáticos, son simulaciones (14). Mediante una simulación se analizan distintos escenarios, en cada uno se recrea un supuesto diferente cambiando una o más variables, lo que lleva a nuevos resultados.

Un *serious game* o juego formativo es un juego desarrollado con un propósito diferente al de la pura diversión, tiene un propósito formativo explícito y planeado (15).

Es fácil confundir juegos y simulaciones (pues en ambos casos se deben enfrentar una serie de situaciones en un entorno determinado). En los juegos hay un sistema de puntuación y un resultado óptimo, y el objetivo principal es obtener la máxima puntuación para ganar; mientras que en las simulaciones no hay un resultado óptimo, sino que el resultado depende de las variables que se hayan tomado (por ejemplo: reducir costes, reducir peso, aumentar resistencia...). El objetivo último de la simulación es enfrentarse a un problema a través del modelo (16). Un ejemplo de diferenciación se muestra en la Figura 10:



Figura 10: Diferencia entre modelos, simulaciones y juegos. Fuente: Dubbels, 2013 (14) (traducido del inglés)

Así como los juegos ya no son simplemente para entretenimiento, las simulaciones ya no son meramente pruebas. Ambos están adquiriendo fuerza como herramientas de apoyo en la enseñanza, gracias a que el coste informático es cada vez menor (17), y por tanto es viable económicamente. Además, también ofrecen otras ventajas:

- Son aplicables a estudiantes de todas las edades y niveles (17).
- Sirven de ayuda a la hora de comprender relaciones complejas, la demostración de éstas en algunos casos sería peligrosa o muy costosa (17)
- Permiten enseñar aplicando los conceptos. (integra enseñanza y aplicación) (17)
- Proporcionan al estudiante métodos diferentes para la resolución de problemas. Y permite entrenar y adquirir habilidades en diferentes áreas educativas (17).
- Reducen costes y riesgos (17; 18)
- Pueden ayudar a mejorar las habilidades de la comunicación, el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la toma de decisiones (18)

En el aula, un modelo BIM puede ser usado de distintas formas: usando el modelo directamente con una herramienta de visualización, como base para desarrollar una simulación o como entorno de un juego. (Todas ellas son herramientas que pueden utilizarse con realidad virtual o aumentada.)

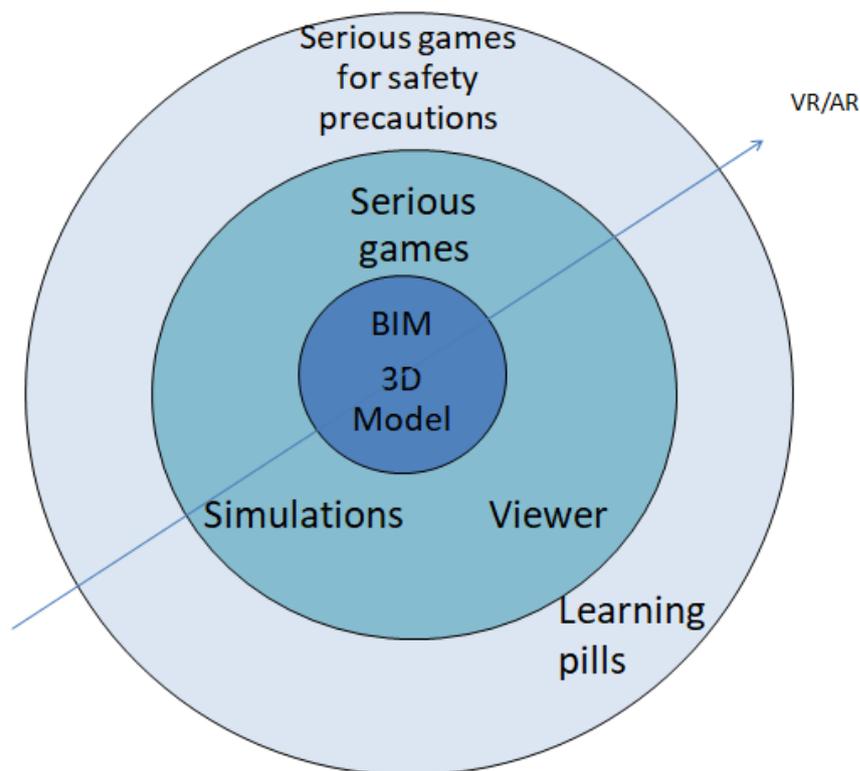


Figura 11: Posibilidades de BIM en el aula. Elaboración propia

En la figura se observa que los modelos BIM son la base a partir de la que se desarrollan distintas aplicaciones (dependiendo del uso).



En este trabajo se analizarán las opciones que ofrecen los usos de visualización y juegos a través de dos herramientas (un *serious game* para la enseñanza de prevención de riesgos laborales y unas píldoras de aprendizaje sobre métodos constructivos). Se han escogido estas herramientas por dos razones:

- En primer lugar, porque con ellas se abarca la formación que reciben los trabajadores del sector de la construcción antes de su entrada en el mundo laboral (en el ciclo de formación profesional) y en el trabajo (formación en prevención de riesgos laborales)
- En segundo lugar, porque estas dos herramientas han sido desarrolladas por estudiantes de la escuela de caminos de la universidad en colaboración con el CIMNE, por lo que nos pareció adecuado continuar con su trabajo y mostrar su utilidad y las ventajas que ofrecen. Las *learning pills* fueron creadas por Guillermo Lahuerta (19) para su trabajo final de máster y el *serious game* por Sara Rebollo (20) para su trabajo final de grado.

A través del análisis de las píldoras de aprendizaje se quiere estudiar cómo un modelo BIM sirve de apoyo a la docencia mediante herramientas de visualización. En este caso concreto, se verá cómo a través del modelo se enlaza con tutoriales explicativos que guían al usuario en la construcción de un lavadero.

Con el juego formativo se quiere estudiar cómo el modelo BIM combinado con realidad virtual puede completar la formación de los trabajadores en materia de prevención, ofreciendo con el juego una formación práctica para la prevención de accidentes.

En este trabajo se estudia cómo integrar BIM en la formación de los trabajadores de la construcción, teniendo en cuenta qué enfoque es el más adecuado para favorecer el aprendizaje (considerando la forma de aprender de los adultos). En el capítulo 2 se presenta una revisión de la literatura sobre las ventajas de la inclusión de BIM en el currículo, se expondrán algunos ejemplos de aplicaciones existentes y se presentarán también los marcos pedagógicos que se usarán para el análisis de los casos de uso. En el capítulo 3 se explicarán en detalle las *learning pills*, se hará una breve descripción del modelo actual de formación, cómo introducir esta herramienta y se analizará usando los marcos pedagógicos seleccionados. En el capítulo 4 se explicará el juego formativo de prevención de riesgos laborales, se describirán brevemente los cursillos formativos, cómo el juego ayuda en la formación y se analizará empleando los marcos pedagógicos. Por último, en el capítulo 5 se hará una breve reflexión final.

1.4. Objetivo

El principal objetivo del presente trabajo es analizar algunas de las herramientas que ofrece BIM para la formación de los trabajadores del sector de la construcción, partiendo de unos supuestos pedagógicos.

Para ello:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre iniciativas existentes del uso de BIM en la formación.
- Seleccionar los marcos pedagógicos que se emplearán para analizar los casos de estudio.
- Describir el modelo actual de formación (en prevención de riesgos laborales y en el ciclo formativo relacionado con la construcción) y los casos de uso (*learning pills for vocational training in construction* y *serious game for safety precautions at the building site*).
- Analizar las *learning pills* y el *serious game* con los marcos seleccionados.
- Proponer alguna mejora para los casos de uso.

CAPÍTULO 2: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se hará la revisión de la bibliografía, ilustrando el uso del BIM en formación, y explicando los modelos pedagógicos a partir de los que se analizarán los dos casos de uso.

2.1. Uso de modelos BIM en entornos de aprendizaje

El sector de la construcción incluye numerosos agentes, de diferentes especialidades y con conocimientos diversos. En las diferentes fases de una obra, estos agentes deben comunicarse entre ellos, compartir puntos de vista. Muchas veces, las diferentes especialidades experimentan dificultades en esta comunicación, pues el trabajo de unos interfiere en el de otros. Por ejemplo, esto ocurre cuando los instaladores entran en la obra y se encuentran que el edificio aun no está listo para hacer estas instalaciones, o encuentran elementos estructurales en el recorrido de su tendido eléctrico. Al incluir tantos agentes, la comunicación dentro de este sector es de suma importancia y complejidad.

El *Building Information Modelling* (BIM) es una herramienta que facilita esta comunicación. En un modelo BIM es posible incluir todos los elementos que forman un edificio, estructurarlos en las fases de construcción, pudiendo

visualizar sólo la parte del modelo que interesa. Un modelo BIM completo es un modelo tridimensional que incluye también los materiales y sus especificaciones, permite ver los elementos en detalle, detectar colisiones; permite recopilar y transferir varios tipos de datos en las distintas fases del ciclo de vida de un edificio (12). De esta forma, se facilita enormemente la comunicación entre los distintos especialistas, y se pueden detectar errores en fases tempranas cuando aún es posible su corrección.

Las herramientas BIM pueden utilizarse en la enseñanza con diferentes propósitos. A continuación se exponen algunos ejemplos sobre cómo incluir BIM en la formación con diferentes fines:

- BIM como herramienta de visualización: el uso de modelos tridimensionales ayuda al estudiante a comprender mejor el edificio, y mejora su capacidad de interpretar los planos. Por ejemplo, en la asignatura de gestión de la construcción de la universidad California State University (EE.UU) se introdujo BIM y se observó que con esto los alumnos comprendían mejor los edificios, por lo que interpretaban mejor los planos y mejoraban en el cálculo de las cantidades de material a emplear (21). El uso de herramientas BIM para la visualización de modelos y el fácil acceso a la información sirve también de apoyo para estudiantes con diferentes formas de aprender (aquellos que aprenden escuchando, viendo o haciendo); estas herramientas les permiten poner énfasis en aquello que potencia su aprendizaje (22).
- BIM como una plataforma para adquirir distintas competencias a través del desarrollo y posterior análisis del modelo BIM:
 - Mejora la gestión (ayuda a entender mejor el edificio, y mejora la comunicación entre las partes), el diseño (gracias a una mejor comprensión del modelo, la detección de colisiones...) y la estimación de materiales. (13; 23; 24)
 - Como herramienta de apoyo en la asignatura de construcción sostenible (combina herramientas BIM con MEP): combinando la visualización 3D con análisis de rendimiento energético, lo que permite ver de forma rápida el impacto de los cambios en el diseño sobre el rendimiento (24). Ayuda también a conocer las ventajas y desventajas de los diferentes materiales (25).
- BIM como herramienta de ensayo: aprender en un ambiente virtual. Estas herramientas permiten una enseñanza basada en el "*learning by doing*", se puede hacer una construcción virtual y mejorarla, mucho más barata que una maqueta física, que además permite cambios y es completamente reversible (23). Esto supone un beneficio a la posterior construcción. Por ejemplo, en (23) se cita el caso de un rascacielos de Hong Kong que fue ensayado y optimizado con BIM.



- BIM como herramienta que permite incorporar información y medios audiovisuales: los programas BIM permiten adjuntar archivos o incluir enlaces a diferentes sitios que pueden ampliar la información. Esto “permite a los estudiantes aprender a su propio ritmo y crea un ambiente de aprendizaje más allá del aula” (22)
- BIM para crear ambientes para *serious games*, algunos ejemplos son:
 - Identificación de peligros y prevención: creación de modelos tridimensionales de edificios u obras de construcción para el posterior desarrollo del juego. En éste, el jugador puede identificar los peligros y el juego le indica las medidas a tomar, o debe ser el mismo jugador el que debe elegirlos (26; 27).
 - Sostenibilidad y energía: puede ser tanto el empleo de un modelo BIM para desarrollar un juego destinado a todos los públicos que enseñe comportamientos sostenibles (28), como el hecho de diseñar el edificio y después jugar con el modelo, su información (tanto geométrica como no geométrica) para descubrir el modelo más sostenible (29).
- BIM en combinación con RV/RA para crear ambientes inmersivos: existen casos de juegos de realidad virtual para entrenamiento militar (30), formación de bomberos (31). También se pueden integrar BIM y realidad aumentada para el desarrollo de lecciones interactivas, simulaciones visuales, visitas a obra virtuales. (32)

2.2. Iniciativas existentes que incluyen juegos y simulaciones en la formación

En la literatura se pueden encontrar numerosas iniciativas en que se incluyen simulaciones y *serious games* con objetivos formativos.

Históricamente, las simulaciones se han utilizado en la aviación para el entrenamiento de pilotos, dando muy buenos resultados (prácticamente eliminando accidentes debidos a errores del piloto) (17).

Otro campo donde las simulaciones han sido ampliamente utilizadas es la medicina. Estas simulaciones permiten a los profesionales adquirir experiencia antes del trato directo con los pacientes, donde un error podría tener consecuencias fatales. Un ejemplo concreto del uso de simulaciones en medicina es el simulador de endoscopias producido por la compañía *Immersion Medical*. Existen también en medicina juegos (generalmente basados en simulaciones (30)) que permiten a médicos y enfermeras practicar en diferentes situaciones.

Por ejemplo, el juego *Triage Trainer* se presentó como una opción para completar el entrenamiento de profesionales médicos en situaciones de emergencia (30).



Figura 12: escenario del juego *Triage Trainer*. Fuente: Games in education –serious games (30)

Es también conocido el uso de juegos y simulaciones en entrenamientos militares. Con estas herramientas se busca desarrollar estrategias, mejorar el trabajo en equipo, o adquirir habilidades concretas. Por ejemplo el *Caspian Learning Rounds Inspection Simulation* es un juego usado en la marina de Reino Unido cuyo objetivo es realizar la inspección de las armas del barco.

Se han encontrado también casos de juegos para la formación en el mundo de los negocios. Por ejemplo los juegos *BizSim* y *SimVenture* están pensados para que los jugadores creen su propia compañía y aprendan a llevar un negocio (30; 33).

Ya en el sector de la construcción, hay distintas iniciativas que incluyen juegos o simulaciones como herramientas para la formación en diferentes aspectos. A continuación se citan algunos ejemplos:

- *The Dam Game* (33): pensado para enseñar control y gestión de las obras de construcción. El juego proporciona un modelo realista de un proyecto de construcción (que variará según las decisiones tomadas por el jugador) y genera informes similares a los que se espera que sean generados en una obra real.
- *CONSTRUCTO* (34): enfatiza en temas de gestión de proyectos y los efectos del clima.
- *AROUSAL* (34): simulador que reproduce el contexto de la toma de decisiones en una empresa de construcción.
- *Safety Inspector* (35): para la formación en prevención de riesgos laborales en la construcción. El jugador toma el papel de un inspector de salud en una obra y debe identificar los diferentes peligros.



En materia de prevención de riesgos laborales en la construcción, en (36) se desarrolla también una experiencia con un juego para la formación de los trabajadores. La principal diferencia de este juego con otros similares de prevención es la modificación del escenario con el tiempo, como sucede en una obra real, lo que permite desarrollar nuevas situaciones.

2.3. Marcos pedagógicos

Se han seleccionado tres marcos pedagógicos para analizar los casos de uso. Estos son: el marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale (37); el marco cuatridimensional de Freitas y Oliver (38) y por último la taxonomía de Bloom (39).

2.3.1. Marco tridimensional de Conole Dyke, Oliver y Seale

Conole, Dyke, Oliver y Seale proponen un modelo de aprendizaje que toma los elementos clave de distintas teorías del aprendizaje y los interrelaciona. Sostienen que un aprendizaje efectivo debe mostrar de forma explícita en qué están fundamentadas las diferentes actividades de aprendizaje, junto con el uso efectivo de las herramientas y recursos que las respaldan (37).

El marco que proponen para este modelo consta de seis componentes:

- Individual: "el individuo es el foco del aprendizaje." (37)(en inglés en el original; traducción propia)
- Social: "aprendizaje a través de la interacción con otros (un tutor, compañeros de clase) a través del discurso y la colaboración en un contexto social más amplio." (37)(en inglés en el original; traducción propia)
- Reflexión: "la reflexión consciente sobre la experiencia es la base mediante la cual la experiencia se transforma en aprendizaje." (37)(en inglés en el original; traducción propia)
- No-reflexión: "el aprendizaje se explica en referencia a procesos como el aprendizaje preconscious, el aprendizaje de habilidades, la memorización, y el condicionamiento." (37)(en inglés en el original; traducción propia)
- Información: el aprendizaje se basa en información externa (textos, etc.) que son también la base de la experiencia.
- Experiencia: el aprendizaje a través de la experiencia directa, la actividad y la aplicación práctica.

Estos componentes, unidos en parejas, pueden ser representados en un espacio tridimensional en forma de cubo (Figura 13), sobre el cual se pueden situar las diferentes actividades. Cada eje está formado por una pareja de componentes, los cuales son opuestos entre ellos (individual/social, experiencia/información, reflexión/no-reflexión).

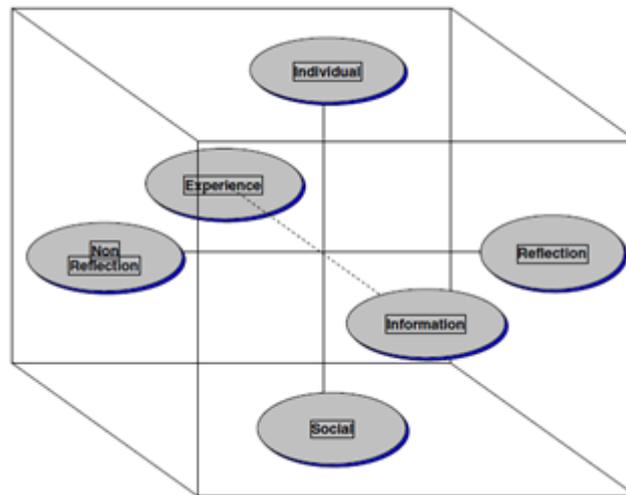


Figura 13: Marco para la evaluación de las actividades de aprendizaje Fuente: (37)

Dimensión social –individual:

El aprendizaje, generalmente, tiene un componente social. Esta tendencia social puede tener distintas procedencias: Puede considerarse social por transcurrir en un aula, con la consiguiente relación con los compañeros, el profesor, etc. Puede también considerarse social por el mero hecho de compartir la información, aun cuando no exista una relación cara a cara. Podría decirse, pues, que todo aprendizaje es social... Lo que diferencia un aprendizaje social de uno individual es que en este último no es posible un intercambio continuo de informaciones, opiniones, etc. (40).

Sin embargo, dentro del contexto social del aprendizaje podemos encontrar distintas formas de agrupaciones sociales. Dron y Anderson, en su libro *Teaching Crowds*, destacan tres (40):

- **Grupos:** es la más extendida, y la que se suele encontrar en el contexto de aprendizaje formal. Los grupos suelen tener una estructura definida, sus miembros suelen incluirse en una lista, y puede haber uno con un papel más autoritario; además, el acceso al grupo no siempre es libre. Suelen estructurarse alrededor de actividades concretas y a menudo establecen actividades que implican encuentro físico entre los miembros. Ejemplos de esta forma social pueden ser: clases de colegios, universidades, grupos de estudio, equipos deportivos. "Los grupos son formas sociales donde sus participantes se unen de forma deliberada con otros que comparten los



- mismos objetivos y se identifican con unas normas y comportamientos” (40).
- Redes: están constituidas por unos nodos (personas, ideas, objetos) y las conexiones establecidas entre estos. Las redes conectan individuos, incluso grupos, objetos, informaciones; pueden existir redes compuestas únicamente de elementos, no necesariamente personas. El acceso y la salida de las redes es sencillo, y no es necesario conectar realmente con las personas que la forman, no se da (necesariamente) un encuentro real entre sus componentes. Un ejemplo de red pueden ser las redes sociales (*facebook, linkedin*) “las redes son formas sociales donde las conexiones entre individuos son lo que les une” (40).
 - Conjuntos: son grupos de personas unidas por intereses comunes, no es necesario ser consciente de ello para formar parte de un conjunto. En los conjuntos implican interacciones entre las personas, pero puede ser de forma anónima o impersonal, no se establece una relación directa entre componentes. Un conjunto puede estar constituido por los lectores de un libro, blog. “El conjunto es una forma social en que las personas pueden no conocer a otros participantes, pero les unen intereses comunes”. (40).

Dentro del contexto social del aprendizaje, puede haber también actividades individuales: la reflexión individual de lo explicado en clase, test individuales, exámenes, etc. Estas actividades realizadas por el alumno de forma autónoma son las que confieren mayor o menor grado de individualismo en esta dimensión. De forma que una clase en la que el profesor explique un tema y pida al alumno que realice unos ejercicios de forma individual tendrá una calificación más individual que una clase en que el profesor de su explicación y abra un debate en clase sobre lo explicado.

Dimensión reflexiva –no-reflexiva:

La reflexión es un proceso intelectual que conecta el aprendizaje y la experiencia. Implica un pensamiento crítico que ayuda al aprendizaje, pues exige al alumno realizar observaciones, considerar diferentes puntos de vista, teorías y datos. La reflexión constituye un proceso esencial para transformar las experiencias (de las actividades realizadas, los conocimientos adquiridos con el material del curso) en auténtico aprendizaje (41). Se pueden distinguir tres tipos de reflexión:

- Reflexión cognitiva: examina los conocimientos y habilidades conseguidos mediante la actividad realizada. Responde a preguntas sobre la actividad en sí, el material didáctico proporcionado, analizar si se han alcanzado los objetivos de la actividad, se ha comprendido el contenido del curso, si la actividad ha ayudado a su comprensión, qué se ha aprendido.

- Reflexión afectiva: cuestiona sobre los cambios experimentados en el alumno a raíz de la experiencia, cambio de opinión, actitud etc. Se pide al alumno que describa lo que ha aprendido de sí mismo.
- Reflexión del proceso: considera lo que los estudiantes han aprendido del proceso en sí. Se le pide al alumno que piense en el ejercicio, qué le resultó más complicado, qué beneficios ha obtenido, el modo en que ha llevado a cabo la actividad, el papel que tuvo dentro de ésta, etc.

A través de estas reflexiones, ya sea de forma individual o colectiva, se busca que el estudiante afiance lo aprendido durante la sesión. Se da también la posibilidad de realizar una reflexión antes y después de la actividad, de forma que el alumno puede ver su propio progreso y tomar conciencia de lo aprendido. Hay también actividades que obligan al alumno a reflexionar sin que este tenga conciencia clara de ello, por ejemplo, hacer un resumen y una pequeña valoración en lugar de una discusión en clase.

Dimensión experiencia –información:

Se podría decir que el aprendizaje basado en la experiencia es aprender haciendo. Aplicar conocimientos a la experiencia para desarrollar nuevas habilidades o formas de pensar.

En un aprendizaje basado en la experiencia el profesor da al alumno mayor influencia en lo que aprende, pasa a tener un papel más pasivo, guiando al estudiante, pero permitiendo que éste experimente. Es importante en este tipo de enseñanza que el instructor anime al alumno a la reflexión, favoreciendo un ambiente en que no se sienta juzgado ni evaluado, de forma que éste pueda salir de su zona de confort sin miedo a cometer errores (42).

El aprendizaje basado en la experiencia puede ser de dos tipos (42):

- Basado en la experiencia de campo: prácticas en empresas, en laboratorio.
- Basado en la experiencia en el aula: realizando trabajos en grupo, presentaciones, juegos, simulaciones, casos de estudio.

En resumen, todo aprendizaje implica algún grado de experiencia. Sin embargo, un aprendizaje basado en la experiencia es aquel que fomenta una mayor participación del alumno en clase, ya sea de forma individual o en actividades en grupo; el estudiante tiene mayor control sobre lo que aprende. En un aprendizaje basado en la información es el profesor el que tiene un control absoluto sobre el temario; un ejemplo de aprendizaje basado 100% en la información sería una clase magistral, donde el profesor va al aula a dar un temario que al final del curso se evaluará en un examen.

2.3.2. Marco cuatridimensional de Freitas y Oliver

El uso de herramientas digitales en la enseñanza va en aumento, es usual ver ordenadores o *tablets* en las aulas. Con las nuevas tecnologías también se introducen en las aulas simulaciones y juego educativos (elementos de aprendizaje informal), que sirven para reforzar el aprendizaje formal. Esta tendencia no es exclusiva de la enseñanza media, también empresarios y formadores comienzan a considerar los juegos y simulaciones como herramientas para la formación. (38).

Esta tendencia al alza evidencia la necesidad de desarrollar una forma de evaluar estos juegos y simulaciones: cómo pueden usarlos de forma efectiva para estimular el aprendizaje, cómo introducirlos en el currículum, evaluar cuál es el más adecuado y la mejor forma de usarlo. A tal efecto, Freitas y Oliver proponen un marco para considerar cuatro dimensiones antes de la selección y uso del juego o simulación (38):

- La primera de estas dimensiones es el contexto particular en que se juega/aprende (en clase, en casa, en el exterior; con el ordenador, en el móvil, con gafas de realidad virtual...). "El contexto puede tanto facilitar el aprendizaje como dificultarlo." (38).
- El segundo elemento a evaluar son las características particulares de la persona o grupo a quien se dirige. Considera factores como la edad, formación, estilos y formas de aprender.
- La tercera dimensión es el proceso de aprendizaje, tanto en el tiempo de aprendizaje formal como el informal: los modelos pedagógicos ya utilizados y los modelos nuevos que se pueden implantar, lo que se espera que se aprenda, las actividades a realizar, la posibilidad de hacer una reflexión posterior. En esta dimensión, el profesor debe plantearse qué quiere enseñar exactamente (el tema, por ejemplo, el imperio romano), cómo conseguir que el alumno lo aprenda ("viviendo" como un romano, leyendo, escuchando...) Esta dimensión es de especial importancia, pues se considera que lo aprendido en un contexto debe reflexionarse e interiorizarse antes de aplicarlo en otro contexto. (38).
- Por último, debe estudiarse el modo de representación (si el juego se parece al mundo real, con qué se juega...). Tiene en cuenta cómo se representa el mundo, la interacción, el nivel de inmersión, el grado de fidelidad. Se debe considerar también la tecnología necesaria para su uso.

Estos cuatro elementos deben considerarse como un conjunto interrelacionado:

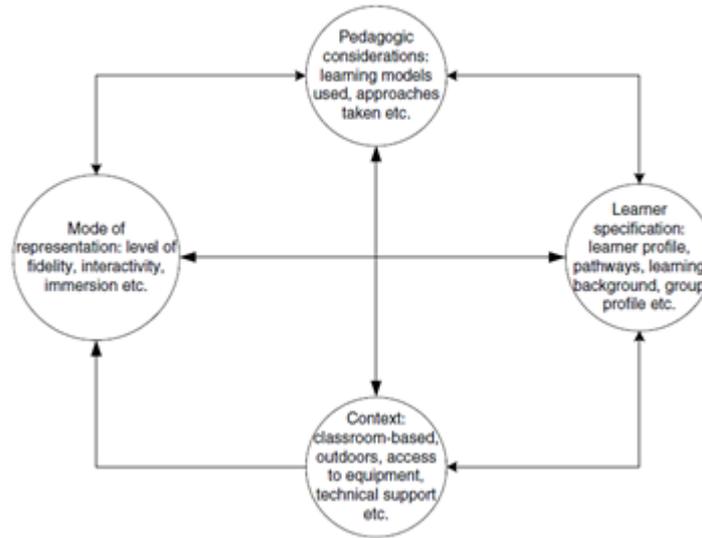


Figura 14: Marco cuatridimensional de Freitas y Oliver para la evaluación de juegos y simulaciones (38)

Estas cuatro dimensiones se presentan a modo de tabla, donde se incluyen las preguntas que definen cada dimensión:

Tabla 1: Marco cuatridimensional de Freitas y Oliver (38) (traducido del inglés)

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
¿Cuál es el contexto para el aprendizaje? (colegio, universidad, en casa...) ¿Este contexto afecta al aprendizaje? (nivel de recursos, accesibilidad, soporte técnico)	¿Quién es el usuario/ grupo? ¿Qué formación previa tiene? ¿De qué forma aprende mejor? ¿Cómo se puede apoyar mejor al grupo? ¿Cómo trabajan juntos los grupos y que enfoques lo apoyan?	¿Qué modelos pedagógicos se están usando? ¿Qué modelos pueden ser los más efectivos? Realizar una lista de los objetivos curriculares. ¿Cuáles son los resultados del aprendizaje? ¿Cuáles son las actividades de aprendizaje?	¿Qué herramientas y contenidos son mejores para apoyar las actividades de aprendizaje? ¿Qué nivel de fidelidad debe usarse para que el aprendizaje sea efectivo? ¿Qué nivel de inmersión se necesita? ¿Qué nivel de realismo es necesario para alcanzar los objetivos de aprendizaje?

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
¿Cómo se pueden conectar la práctica y el contexto?		<p>¿Cómo pueden hacerse estas actividades y alcanzarse estos objetivos mediante los juegos y simulaciones existentes?</p> <p>¿Cómo pueden hacerse usando un software desarrollado especialmente para ello?</p> <p>¿Cómo pueden la información y la reflexión reforzar el aprendizaje?</p>	¿Cómo se pueden vincular el mundo del juego y la reflexión con el aprendizaje?

2.3.3. Taxonomía de Bloom

La taxonomía de Bloom (39) constituye una herramienta importante a la hora de desarrollar el proceso de enseñanza –aprendizaje en el aula y evaluar el nivel cognitivo alcanzado. Trata de ver cómo aprenden los alumnos y desarrollar ese aprendizaje de la forma más eficiente posible.

Bloom en 1956 desarrolló una taxonomía del aprendizaje, clasificando sus distintos niveles siguiendo un modelo piramidal, donde la base representa el nivel más básico y el primero que se adquiere, y la cúspide es el nivel más alto e implica la completa asimilación de los conceptos.



Figura 15: niveles de aprendizaje de la taxonomía de Bloom. Fuente (43)



El nivel más bajo de la clasificación es el conocimiento, en este nivel se considera la recogida de información, la memorización, lecturas, etc. (43). En esta categoría estaría, por ejemplo, la memorización de la ley de Hooke.

Del conocimiento se pasa a la comprensión, que implica entender el significado de la información recogida. Gracias a este proceso es posible explicar o resumir esta información, o ser capaz de predecir consecuencias o efectos (43). Por ejemplo, poder interpretar un diagrama tensión –deformación.

El siguiente paso es la aplicación, que permite usar la información para resolver nuevos problemas o responder a situaciones concretas (43). Un ejemplo sería poder calcular los esfuerzos de una viga.

A continuación encontramos el análisis, que permite desmontar la información en sus componentes para que puedan ser estudiados y comprendidos, así como entender su relación. En esta fase se es capaz de sacar conclusiones respecto a motivos, causas (43). Por ejemplo, en este nivel el estudiante podría saber el mecanismo de fallo de una viga observando las grietas.

Tras el análisis de la información se puede realizar la síntesis, que implica la capacidad de crear algo nuevo a partir de los conocimientos adquiridos (43). En este nivel, entraría el diseño de una estructura aplicando los conocimientos de las fases anteriores.

El último nivel es la evaluación. Permite discernir el valor de la información basándose en opiniones o valores personales, o en un criterio definido (43).

En el año 2001, Lorin Anderson y David R. Krathwohl revisaron la clasificación realizada por Bloom en 1956, posteriormente en 2008 fue revisada por Andrew Churches. En estas nuevas versiones se introdujeron cambios respecto a la clasificación original. En la taxonomía original el nivel más bajo era el conocimiento, mientras que en esta nueva versión este se sustituye por memorizar o recordar. El otro cambio, y el más significativo es la alteración del orden de los niveles superiores. En esta última versión se considera que la síntesis (que aparece como creación) se produce después de la evaluación (que baja un puesto) (44). En estas actualizaciones se identificaron también tres dominios de actividades educativas: el cognitivo, el afectivo y el psicomotor (44).

En este trabajo se hará uso de la taxonomía original pues se considera que su alcance es suficiente para nuestros propósitos.

CAPÍTULO 3:

CASO DE USO 1:

LEARNING PILLS FOR VOCATIONAL TRAINING IN CONSTRUCTION

En este capítulo se hará una breve descripción del ciclo formativo de técnico de construcción: el temario, cómo se imparte (generalmente) en estos momentos, las oportunidades que BIM ofrece para mejorar estas experiencias, se describirán las *learning pills* desarrolladas y la forma en que complementan esta formación.

3.1. Modelo actual de enseñanza

La formación sobre construcción, albañilería e instalaciones se imparte en un ciclo medio de formación profesional. Con este ciclo, se puede adquirir el título de "técnico de construcción".

La duración del ciclo formativo es de 2000 horas (45). Puede hacerse de forma presencial (asistiendo a clase en un centro de formación) o realizarse a distancia, en cuyo caso parte del contenido se impartirán mediante una plataforma virtual,

donde se incluye temario y actividades entregables, y una parte de los contenidos continúan siendo de carácter presencial. (46)

El ciclo formativo cuenta con unas enseñanzas teóricas, y una parte práctica. Se divide en los siguientes módulos:

- Construcción.
- Interpretación de los planos de construcción.
- Fábricas.
- Revestimientos.
- Encofrados.
- Hormigón armado.
- Organización de trabajos de construcción.
- Obras de urbanización.
- Solados, alicatados y chapados.
- Cubiertas.
- Impermeabilizaciones y aislamientos.
- Formación y orientación laboral.
- Empresa e iniciativa emprendedora.
- Formación en centros de trabajo.

Estos módulos se imparten en una clase, guiada por un profesor. Éste expone el temario y se realizan distintas actividades. El método utilizado para impartir la clase, así como el mayor o menor uso de medios electrónicos en el aula, queda sujeto a criterio del profesor. La cantidad de actividades prácticas, su porcentaje respecto al tiempo dedicado a la exposición de teoría, la elección de actividades individuales o en grupo, dependen de las preferencias del maestro. Además de la formación en el aula, este ciclo incluye clases prácticas en laboratorio, donde los alumnos, generalmente en pequeños grupos o de forma individual, llevan a cabo distintas tareas de construcción.

Sin embargo, también existen iniciativas innovadoras implementadas en los cursos de formación profesional. Por ejemplo el *simulador de cerramientos y particiones de fábrica* desarrollado por la Universidad de Valencia y avalado por el Ministerio de Educación Cultura y Deporte (47). Otro ejemplo de técnicas innovadoras es el *Aula transversal: "Construyendo futuro"*, propuesto en el Centro Integrado Público de Formación Profesional del complejo educativo de Cheste, cuyo objetivo es integrar la reforma real de una vivienda en el curso (48).

En algunos centros se ofrece también formación a distancia. En esta opción, la comunicación entre alumno y tutor se realiza a través de un Moodle (en algunos casos también realizan video llamadas). En esta plataforma, el profesor cuelga el material didáctico y las actividades que el estudiante debe realizar y colgar.

“Los profesores que imparten estas enseñanzas tienen una relación personalizada con cada uno de sus alumnos y están en contacto con ellos de forma permanente a través de las diferentes posibilidades que permite la plataforma (corrección de las actividades, correos electrónicos, comunicación instantánea conforme al horario de atención del profesorado, participación en foros, etc.).” (46)

Hay centros en que los exámenes son también a distancia, y otros en que el alumno debe personarse en el centro para hacerlos. Se pueden dar también casos en que se sube al Moodle un video de la clase. La parte práctica (laboratorio) continúa siendo presencial.

Por último, para ambas modalidades de formación el Ministerio de Educación establece que el ciclo formativo debe contar con 400 horas de formación en una empresa del sector (45).

3.2. Mejoras aportadas por BIM

Los programas BIM permiten hacer un modelo tridimensional de un edificio en sus diferentes etapas. Pueden ser un nexo importante entre unos planos, o el diseño y la realidad. Pueden ser también un punto de unión entre lo que se habla en clase y la realidad, un modelo BIM puede servir como de nexo entre lo que está explicando el profesor en clase y la realidad.

Por ejemplo, un profesor puede explicar a sus alumnos la etapa de estructuras de una obra. En un modelo BIM podría mostrar sólo lo correspondiente a esta fase, seleccionar un elemento en concreto y ver cómo está colocado el armado, mostrando así a la clase la forma correcta de colocarlo, mostrar en detalle la unión viga-pilar, etc.

BIM constituye una herramienta de apoyo en la formación de los profesionales, permite entender los procesos de construcción reales a través de un mundo virtual (12).

Al margen de la utilización de las tecnologías, el ciclo de formación profesional de técnico de construcción, además de la parte teórica impartida en el aula, cuenta también con una parte práctica sobre el terreno. Para poder llevar a cabo esta segunda fase de enseñanza, se requiere un taller de técnicas de construcción y un terreno de prácticas de ejecución de obras. (45) En la siguiente imagen se muestra una clase práctica en el terreno de prácticas del centro:



Figura 16: Clase práctica de revestimientos continuos en el IES La Rosaleda (49)

En aquellos centros en los que se ofrece el curso teórico en la modalidad *online*, la tecnología BIM proporciona al profesorado un soporte en que basar sus explicaciones, pues permite al alumno la visualización de un edificio y sus componentes en detalle. Gracias a las nuevas tecnologías (TIC), ya no es necesaria la presencia del alumno en clase, éste puede visualizar los mismos contenidos que los que realizan los estudios de forma presencial.

3.2.1. Punto de partida

Teniendo en cuenta las ventajas que ofrece BIM, y la introducción de la tecnología en el aula, se pensó en una forma de unir ambas. Aprovechando el uso creciente de medios electrónicos en el aula, utilizar un modelo BIM como base y enlace a lecciones concretas.

Surgió entonces la idea de unir en una misma herramienta las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y la tecnología BIM, de tal forma que pudiera ser usada con fines formativos. La facilidad de encontrar en la red información precisa sobre un tema en concreto, ayudó más tarde a definir el formato (un conjunto de lecciones cortas cuyo nexo es un modelo BIM).

3.2.2. Descripción de las learning pills

Las *learning pills* o píldoras de aprendizaje son lecciones breves sobre un tema concreto. Guillermo Lahuerta (19), para su trabajo final de máster, elaboró un conjunto de lecciones (píldoras) para enseñar cómo llevar a cabo la construcción

de un lavadero en una vivienda. Estas píldoras de aprendizaje fueron creadas en la plataforma *bimsync*, donde el usuario dispone del modelo BIM de un edificio (en este caso vivienda unifamiliar).

Bimsync es una plataforma *online* de almacenamiento y visualización de modelos BIM (<https://bimsync.com>). Permite gestionar proyectos con diferentes participantes, la asignación de tareas, muestra las tareas asignadas, resueltas y pendientes. En ella se pueden ver los modelos en tres dimensiones, también se pueden visualizar planos, mostrar o no las diferentes capas o fases. Permite añadir tareas vinculadas a elementos concretos del modelo, incluir hitos y marcadores, e incluso es posible subir documentos para compartir información.

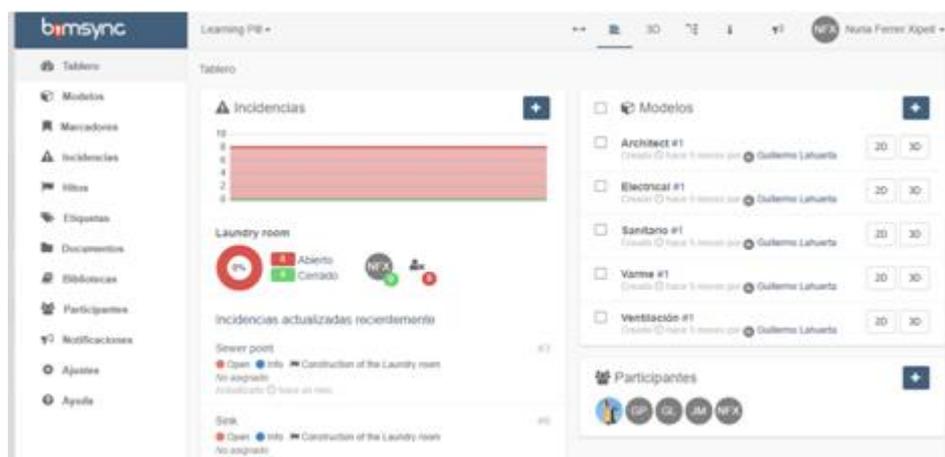


Figura 17: Vista de la plataforma *bimsync*. Fuente propia (captura de pantalla)

En *bimsync*, apoyándose en el modelo 3D, se fueron creando tareas, cada una de las cuales constituye una píldora. Cada píldora consta de dos pasos: visualización del elemento dentro del modelo y el enlace a un tutorial.

Las lecciones comienzan con un mensaje de bienvenida y van guiando al usuario por las diferentes etapas de esta construcción.

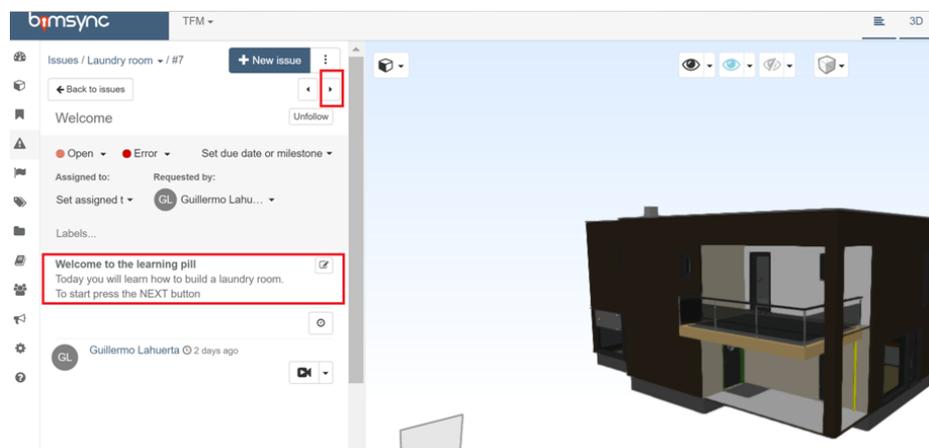


Figura 18: mensaje de bienvenida y vista general de la plataforma. (19)

En cada etapa, se dispone de un botón que muestra en el modelo el elemento a instalar en dicha fase (Figura 19), de esta forma, el usuario ve claramente sobre qué versa la lección.

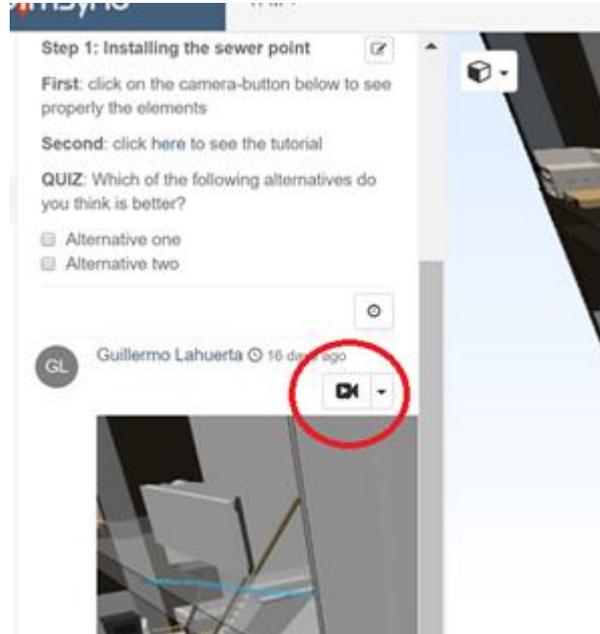


Figura 19: Botón para mostrar el elemento dentro del modelo (19)

El segundo paso es seguir el enlace que lleva a un video tutorial, donde se explica en detalle cómo realizar la instalación del elemento correspondiente a cada etapa. Para pasar a la siguiente tarea, se debe pinchar en *next issue*, de forma que salta lección siguiente, en que deben repetirse los mismo pasos.

Al finalizar todas las lecciones se muestra un mensaje de despedida (Figura 20):

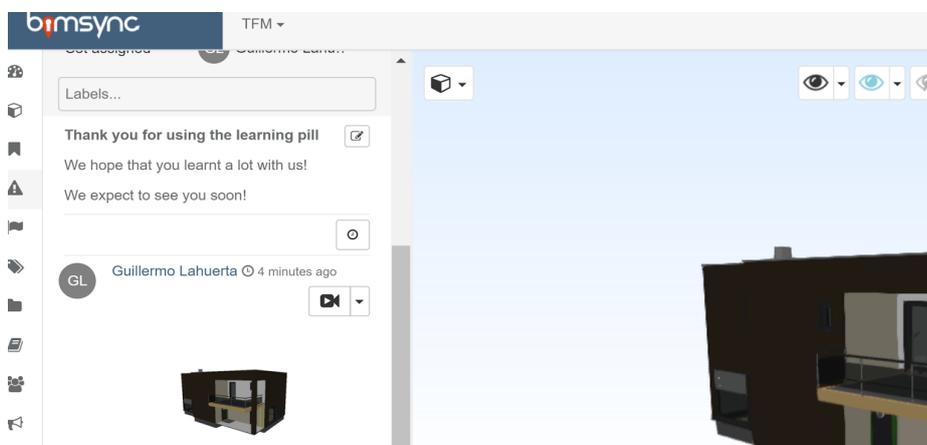


Figura 20: mensaje de despedida de las learning pills. (19)

3.3. Modo de aplicación propuesto para las *learning pills*

Se propone el uso de las *learning pills* como parte del ciclo en la modalidad a distancia. Por el contenido de las lecciones, enfocado a la construcción de distintos elementos, se podría incluir en la parte práctica del módulo (prácticas de laboratorio).

Aunque el visionado de los tutoriales no puede sustituir completamente la práctica, sí que se espera de los alumnos que hayan hecho las *learning pills* antes de la clase presencial. De este modo, se pueden eliminar gran parte de las explicaciones del profesor y reducir el tiempo de cada práctica. Así, se pueden condensar varias prácticas en una sola sesión y reducir el tiempo de clase presencial.

3.4. Aplicación de los marcos pedagógicos a las *learning pills*

En esta sección se analizarán las *learning pills* empleando los marcos pedagógicos expuestos en la revisión bibliográfica (véase página 23).

3.4.1. Marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale

Este marco considera tres dimensiones: individual –social, no-reflexiva–reflexiva, experiencia –información. Para cada una de estas dimensiones, siguiendo las indicaciones de los autores para mapear las actividades de aprendizaje, se ha establecido una escala de 1 a 5, donde 1 correspondería a un modelo individual, no-reflexivo y basado en la experiencia, y 5 a un modelo social, reflexivo y basado en la información.

Para la aplicación de este marco, se ha elaborado una tabla donde se puntúan la formación ofrecida actualmente en los ciclos de formación profesional y las *learning pills* en función de cada eje:

Tabla 2: Aplicación del marco de Conole, Dyke, Oliver y Seale a las learning pills

Modelo	Indv. – Social	No Refl. – Refl	Expr. – Info
Tradicional FP construcción	___ X _	__ X __	__ X __
<i>Learning pill</i> (bimsync)	_ X ___	X ___	___ X _

El ciclo de formación profesional sobre construcción se desarrolla en una clase, guiada por un profesor y con un grupo de alumnos, de ahí su clasificación como social. No es el alumno el que dirige su aprendizaje y busca su propia información. El maestro, de diferentes formas transmite una información a un grupo: los alumnos. Independientemente de las actividades que escoja el profesor para enseñar, y de que contenga actividades individuales, éstas van dirigidas al grupo de alumnos.

En el eje reflexivo - no-reflexivo, se le ha otorgado una puntuación intermedia, pues una parte de los contenidos debe estudiarse, pero también cabe una reflexión sobre estos u otros temas. Mediante distintos tipos de actividades, el profesor puede fomentar una reflexión por parte del alumnado, ya sea de forma individual (pedir un resumen de la lección) o colectiva (trabajos en grupo o discusiones en clase).

Por último, en el eje experiencia/información, se sitúa también en un lugar central. La información dada en las clases teóricas tiene un gran peso en el aprendizaje. Sin embargo, la experiencia también es importante en el ciclo. El aprendizaje por experiencia puede ganarse en alguna de las actividades propuestas por el profesor, o experiencia de campo, en las clases prácticas o el módulo de prácticas en empresa.

El uso de las learning pills como una herramienta en la educación a distancia les confiere el carácter individual. En este eje se les ha otorgado una puntuación 2 de 5 pues aunque se utiliza de forma individual, es posible una comunicación entre las distintas partes (el alumno puede preguntar al profesor dudas que le surjan, o en una modificación de las píldoras puede incluirse un debate).

En la dimensión reflexiva –no-reflexiva se sitúa en el extremo no reflexivo. Tal como está planteada la actividad en estos momentos, el usuario recaba una información que luego podrá poner en práctica, no se le exige ningún tipo de reflexión al respecto. El tipo de información proporcionada en los tutoriales es suficientemente clara como para no necesitar una posterior reflexión, es una exposición detallada de los pasos que se deben seguir para realizar una tarea constructiva. Para lograr desplazar las *learning pills* en este eje, el profesor debe pedir una actividad posterior que exija al alumno reflexionar sobre estas píldoras.

Por último, en el plano experiencia-información esta actividad es fundamentalmente informativa. En una escala del 1 al 5 donde este último es 100% información, se le ha otorgado una puntuación de 4. Al tratarse de una herramienta para la educación a distancia, el estudiante en su casa no puede reproducir lo visto en el video. La única experiencia posible aquí es aquella que el alumno pueda tener previamente a la visualización del video. Se sitúa en el cuatro en lugar de en el cinco porque son tutoriales muy prácticos, la información que proporcionan está muy orientada a realizar esas tareas, no es solamente información sobre materiales etc. están enfocados a adquirir información de forma rápida.

3.4.2. Marco para la evaluación de actividades de Freitas y Oliver

El marco desarrollado por Freitas y Oliver está orientado al análisis de actividades con el fin de estudiar su inclusión en el curso y los beneficios que aporta. Por ello, se ha aplicado sólo a las *learning pills*.

Para la aplicación de este marco, se ha desarrollado una tabla donde se contestan las preguntas relacionadas con cada una de las cuatro dimensiones consideradas: contexto en que se lleva a cabo la actividad, características particulares del alumno, proceso de aprendizaje del alumno y el modo de representación de la actividad.

Tabla 3: Aplicación del marco de Freitas y Oliver a las *learning pills*

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
¿Cuál es el contexto para el aprendizaje? Herramienta para la educación a distancia. Para ser usado de forma individual.	¿Quién es el usuario/ grupo? Estudiantes de FP a partir de 16 años y personas adultas. ¿Qué formación previa tiene? Pueden tener o no experiencia en el sector.	¿Qué modelos pedagógicos se están usando? Aprendizaje basado en la transmisión de información de forma gráfica, acompañado de una explicación. Teoría constructivista (<i>task-oriented, self-directed learning</i>) (37)	¿Qué herramientas y contenidos son mejores para apoyar las actividades de aprendizaje? ¿Qué nivel de inmersión se necesita? Necesidad de un dispositivo electrónico y conexión a la red. No necesita especial inmersión, tampoco un software específico.

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
¿Este contexto afecta al aprendizaje? (nivel de recursos, accesibilidad, soporte técnico) Requiere conexión a la red y acceso a la plataforma <i>bimsync</i> .		Objetivos: Aprender cómo llevar a cabo determinadas tareas de construcción. Actividades de aprendizaje: El estudiante aprende mediante la visualización del modelo y los tutoriales	Mediante un modelo BIM se presenta al usuario el elemento cuya instalación se explicará, explicación en el enlace al tutorial. Pueden hacerse todas las píldoras seguidas o por pasos.

La elaboración de la tabla permite observar que el público a quien van dirigidas las píldoras no debe tener, en principio, dificultad alguna para hacerlas (como norma general todos tienen acceso a la red). También se observa que en esta herramienta faltan actividades de reflexión y puesta en práctica, que por otra parte pueden ser desarrolladas posteriormente por el profesor.

Por otro lado, la forma de exposición de este contenido en concreto parece la adecuada, pues las explicaciones se dan de forma gráfica, lo cual facilita su comprensión.

Se puede concluir entonces que esta herramienta es adecuada para la fácil comprensión de los contenidos que se explican. Sin embargo, le faltan actividades de reflexión y aplicación de lo expuesto en los tutoriales.

3.4.3. Taxonomía de Bloom

En este marco, se ha analizado a qué nivel de conocimiento se llega por medio de las *learning pills*. Se ha elaborado una tabla donde aparecen los niveles de aprendizaje definidos por Bloom y donde se especifican los aspectos de cada fase presentes en las píldoras.

Tabla 4: Aplicación de la taxonomía de Bloom a las learning pills

Nivel	Formación tradicional	Learning pills
Conocimiento	En clase: exposición del temario (por el método escogido por el profesor) proporciona una información. En casa: el estudiante en casa debe después memorizar una serie de contenidos.	Conocer los diferentes elementos a través del modelo (pinchando en la cámara te muestra el objeto concreto). Mediante el visionado de los tutoriales estudiar cómo se hacen las tareas.
Comprensión	Entender lo que explica el profesor en clase, o los apuntes proporcionados por éste.	Entender lo que se explica en los videos (procedimientos, pasos...).
Aplicación	Resolución de ejercicios. Clases prácticas en los laboratorios.	No se alcanza
Análisis	No se alcanza	
Síntesis		
Evaluación		

En la formación tradicional se alcanza el nivel de aplicación, mientras que con las *learning pills* sólo se llega a la comprensión. El nivel de aplicación se consigue en la formación tradicional gracias a las clases prácticas en el laboratorio y las prácticas en empresa. Con las *learning pills* no se llega a este nivel porque falta el componente práctico.

Sin embargo, la ventaja que ofrecen las *learning pills* respecto otras actividades o formas de exposición de la formación tradicional radica en la manera en que se imparte el temario. En las *learning pills*, las lecciones están muy orientadas a la puesta en práctica de lo que se explica, y se imparten de una forma muy gráfica. Las lecciones emplean tutoriales que muestran cómo se deben realizar las tareas.

3.5. Propuesta para mejorar las *learning pills*

Como se ha visto mediante la aplicación de los marcos pedagógicos, en esta actividad faltan elementos de reflexión, importantes para afianzar conocimientos. Con las mejoras propuestas, se intentará incluir este factor en las *learning pills*.

Para incluir elementos que impliquen reflexión en la actividad se propone desarrollar unas preguntas para responder después de ver el tutorial; otra opción es la apertura de un foro donde los estudiantes den su opinión y se inicie una discusión.

Para el modo de aplicación propuesto en este trabajo, como preparación para las prácticas de laboratorio, se propone lo siguiente: como trabajo previo a la práctica deben hacerse las *learning pills* y contestar las preguntas de un informe que deberá ser entregado el día de la clase presencial en el laboratorio. De esta forma, el alumno deberá haber visto los tutoriales y reflexionado sobre ellos para contestar a las preguntas. El informe que debe entregarse se podrá descargar desde la plataforma donde se proporciona el material del curso.

3.5.1. Análisis de las *learning pills* mejoradas

Para estudiar la efectividad de las mejoras propuestas se volverán a aplicar los marcos pedagógicos.

Marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale

Se ha empleado la misma escala del 1 al 5 para ampliar la tabla que mapea las actividades (Tabla 2).

Tabla 5: Aplicación del marco tridimensional a la mejora

Modelo	Indv. – Social	No Refl. – Refl	Expr. – Info
Tradicional FP construcción	_ _ _ X _	_ _ X _ _	_ _ X _ _
<i>Learning pills</i> (bimsync)	_ X _ _ _	X _ _ _ _	_ _ _ X _
<i>Learning pills</i> mejoradas	_ X _ _ _	_ _ _ X _	_ _ X _ _

Como se puede apreciar en la tabla, en el eje individual –social se ha otorgado la misma puntuación, pues continúa siendo una actividad para realizar desde casa. En caso de que se incluyera un foro de discusión entre los alumnos, la actividad se movería hacia una posición más social.

El eje en que más cambios se producen es el de no-reflexión –reflexión. Inicialmente, las *learning pills* se posicionaban en el extremo no reflexivo; al exigir a los alumnos la elaboración del informe previo de las prácticas se incluye la reflexión ausente hasta ahora. Se le pide al estudiante pensar sobre el contenido de los tutoriales para hacer resúmenes, enlazar unos videos con otros o elaborar un plan de acción (basándose en los contenidos de las lecciones) que luego deben seguir en la clase práctica.

Por último, al introducir en la actividad una pequeña reflexión sobre los contenidos, se considera que, en el eje experiencia –información, se puede otorgar a la actividad un mayor nivel de experiencia. Ya no se trata sólo de recibir información, sino de ver cómo se puede aplicar posteriormente en clase o en la obra.

Marco para la evaluación de actividades de Freitas y Oliver

Se han considerado las cuatro dimensiones establecidas por los autores para la evaluación de actividades: contexto, características del alumno, proceso de aprendizaje y modo de representación.

Como con el marco pedagógico anterior, las circunstancias en que se hacen las *learning pills*, y el público a quien van dirigidas no cambian. Por tanto, la única dimensión donde se aprecian diferencias es en el proceso de aprendizaje o consideraciones pedagógicas.

A continuación se incluye la Tabla 3, que analiza la actividad en sus cuatro dimensiones, con las modificaciones correspondientes a la mejora

Tabla 6: Aplicación del marco de Freitas y Oliver a las píldoras mejoradas

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
¿Cuál es el contexto para el aprendizaje? Herramienta para la educación a distancia. Para ser usado de forma individual.	¿Quién es el usuario/ grupo? Estudiantes de FP a partir de 16 años y personas adultas.	¿Qué modelos pedagógicos se están usando? Aprendizaje basado en la transmisión de información de forma gráfica, acompañado de una explicación.	¿Qué herramientas y contenidos son mejores para apoyar las actividades de aprendizaje? ¿Qué nivel de inmersión se necesita? Necesidad de un dispositivo electrónico y conexión a la red.

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
<p>¿Este contexto afecta al aprendizaje? (nivel de recursos, accesibilidad, soporte técnico) Requiere conexión a la red y acceso a la plataforma <i>bimsync</i>.</p>	<p>¿Qué formación previa tiene? Pueden tener o no experiencia en el sector.</p>	<p>Teoría constructivista (<i>task-oriented, self-directed learning</i>) (37) Objetivos: Aprender cómo llevar a cabo determinadas tareas de construcción. Actividades de aprendizaje: El estudiante aprende mediante la visualización del modelo y los tutoriales y la resolución del cuestionario. ¿Cómo se puede emplear la reflexión para reforzar el aprendizaje? Contestando a las preguntas del informe, el alumno debe reproducir lo que ha aprendido en los videos</p>	<p>No necesita especial inmersión, tampoco un software específico. Mediante un modelo BIM se presenta al usuario el elemento cuya instalación se explicará, explicación en el enlace al tutorial. Pueden hacerse todas las píldoras seguidas o por pasos.</p>

Incluyendo la elaboración de un informe como parte de la actividad de las *learning pills* se ha solucionado la carencia encontrada al aplicar este marco por primera vez, pues se incluyen actividades de reflexión.

Taxonomía de Bloom

Incorporando las mejoras propuestas a esta actividad, se alcanza un nivel mayor de conocimiento. A continuación se incluye una tabla donde se compara el nivel alcanzado en las píldoras y con la mejora:

Tabla 7: *Aplicación de la taxonomía de Bloom*

Nivel	<i>Learning pills</i>	<i>Learning pills</i> mejoradas
Conocimiento	Conocer los diferentes elementos a través del modelo (pinchando en la cámara te muestra el objeto concreto). Mediante el visionado de los tutoriales estudiar cómo se hacen las tareas	Conocer los diferentes elementos a través del modelo (pinchando en la cámara te muestra el objeto concreto). Mediante el visionado de los tutoriales estudiar cómo se hacen las tareas
Comprensión	Entender lo que se explica en los videos (procedimientos, pasos...)	Entender lo que se explica en los videos (procedimientos, pasos...)
Aplicación	Ser capaz de realizar luego las labores mostradas en los videos	Ser capaz de realizar luego las labores mostradas en los videos.
Análisis	No se alcanza	Contestar a las preguntas planteadas (sobre materiales, métodos constructivos, etc.)
Síntesis		Ser capaz de elaborar un esquema de los procedimientos a seguir utilizando información de todos los tutoriales, planificar cómo se harán las actividades en el laboratorio.
Evaluación		No se alcanza

En este caso, al incluir las actividades y preguntas posteriores, se obliga al alumno a interiorizar lo aprendido en los tutoriales. La diferencia entre ambas es la reflexión posterior a los videos, lo que permite alcanzar un nivel más alto de conocimiento.

CAPÍTULO 4:

CASO DE USO 2:

SERIOUS GAMES FOR SAFETY PRECAUTIONS AT THE BUILDING SITE

En este capítulo se hará una breve introducción al modelo de formación en prevención de riesgos laborales, y se explicará el juego desarrollado como alternativa o ayuda para esta formación.

4.1. Modelo actual de formación

En el sector de la construcción, el empresario tiene la obligación de impartir a los trabajadores formación en materia de prevención de riesgos laborales. Esta formación debe estar centrada en la función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y repetirse si fuera necesario (artículo 19 Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales (50)).

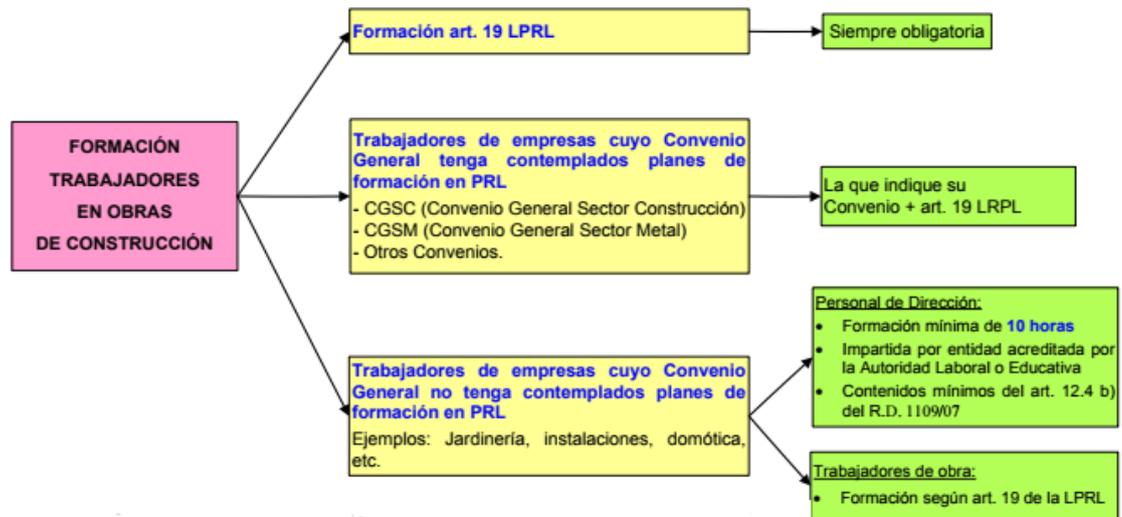


Figura 21: Formación por oficio en obras de construcción. Fuente: Guía de obligaciones preventivas para empresas en obras de construcción. MTSC (51)

El modo de impartir esta formación se basa en el modelo formal de enseñanza, que se aplica en colegios y universidades. Se caracteriza por:

- Transcurrir en un aula.
- Tener unos contenidos preestablecidos que deben adquirirse.
- Tener actividades de evaluación para comprobar si se han alcanzado los conocimientos mínimos.

Este tipo de enseñanza puede usar gran variedad de métodos y actividades para alcanzar los objetivos, pero todos ellos guiados por un profesor.

En el caso de prevención de riesgos laborales en la construcción, esta formación tiene dos fases: una formación teórica obligatoria y una formación práctica opcional.

La formación teórica tiene una duración mínima de 8 horas, pudiendo ser ampliada con una segunda fase de 20 horas. (52)

En el artículo 143 del V Convenio colectivo del sector de la construcción se especifica el contenido del primer ciclo formativo, o aula permanente (52). En este ciclo deben tratarse:

- Conceptos básicos: los factores de riesgo, marco normativo y deberes y obligaciones.
- Técnicas preventivas elementales: medidas auxiliares, equipos de trabajo, señalización, simbología de productos y materiales...
- Primeros auxilios y medidas de emergencia, y plan de actuación.

En el segundo ciclo de formación (optativo), los contenidos varían en función del puesto de trabajo u oficio. A pesar de la diferencia de contenido, en todos ellos:

- Se definen los trabajos a realizar.
- Se enseñan las técnicas preventivas básicas: identificación y evaluación de los riesgos, medios de protección individual y colectiva, manipulación de cargas, el etiquetado de productos, uso de medios auxiliares.

Al final del curso, en ambos casos se realiza una prueba de evaluación.

Estos contenidos se explican en el aula, donde el profesor presenta un riesgo y la forma de prevenirlo. Después, puede presentar un caso práctico que ilustre este tema, seguido de unas actividades basadas en este caso. Estos ejercicios pueden realizarse de forma individual o en grupo (a criterio del profesor). En los anexos se incluye un ejemplo (53). También queda a criterio del formador o empresa formadora el uso de tecnología en el aula, que normalmente suele consistir en la proyección de diapositivas con el contenido del curso, actividades con el ordenador, o por el contrario mediante el uso de libros de texto o material impreso.

Las pruebas de evaluación generalmente se realizan de forma telemática y se debe escoger la respuesta correcta entre múltiples opciones.

Existen también empresas dedicadas a la formación en PRL que ofrecen estos cursos a distancia. En este caso, los trabajadores tienen un usuario para acceder al campus virtual, donde encuentran los contenidos del curso. El aprendizaje se fundamenta en la lectura y comprensión del material de la plataforma, la realización de las actividades propuestas y pruebas de evaluación. El alumno puede ponerse en contacto con el tutor que se le asigna para la resolución de dudas.

4.2. Mejoras aportadas por BIM

La formación impartida actualmente es fundamentalmente teórica. La formación práctica no es obligatoria y requiere además centros especializados, por lo que es poco frecuente que se imparta (20). Los métodos utilizados resultan poco eficaces, puesto que proporcionan una visión general de los riesgos presentes en la obra (26). Sin embargo, cada obra es diferente, y lo que sucede en el día a día no siempre coincide con lo enseñado en el aula. Las clases impartidas aportan unos conocimientos teóricos que deben ser interiorizados: la prevención y la realización del trabajo deberían ser consideradas por el trabajador como uno solo, no se puede separar la parte de prevención del trabajo, olvidarse un

elemento de protección es tan grave como olvidar la herramienta que se necesita para una tarea.

La tecnología BIM y la realidad virtual pueden ofrecer grandes aportaciones en este campo. La tecnología BIM ofrece un modelo fiel y tridimensional de la obra en construcción (incluye los materiales de construcción, instalaciones, detalles y acabados). La realidad virtual permite interactuar en el modelo como si se estuviera presente.

Imaginemos la formación de los equipos de emergencias en un edificio. Los simulacros nos sirven para que todo el personal sepa qué hacer en caso de una emergencia. Pero los equipos de emergencia (primera intervención, jefe de emergencia, equipos de evacuación) deben tomar decisiones distintas en función del tipo de emergencia, y el punto del edificio donde se dé. Con BIM pueden simularse cientos de situaciones teniendo en cuenta todos los elementos del edificio; situaciones que pueden tenerse en cuenta en la construcción de nuevos edificios o en la modificación del construido.

Para estudiar las oportunidades que ofrecen estas herramientas, una estudiante (Sara Rebollo, (20)), para su trabajo final de grado, desarrolló un juego para formar a los trabajadores en materia de prevención de riesgos.

4.2.1. Punto de partida

En los últimos años se ha producido un repunte de la accidentalidad en el sector de la construcción (20) (54), como se ha visto en capítulos anteriores. Una de las causas mencionadas es el aumento del número de trabajadores, otra causa puede ser la necesidad de actualizar los conocimientos de estos trabajadores.

En este punto, la pregunta es: ¿qué se puede hacer para remediar este repunte, qué podemos aportar al proceso formativo?

Hay un proverbio del siglo V a.C que dice: "Lo que se oye, se olvida; lo que se ve, se recuerda; lo que se hace, se aprende." (Confucio)

Con este proverbio en mente, se desarrolló el juego de prevención de riesgos laborales en la construcción de un edificio. Esta idea ya se había desarrollado en varios ámbitos (medicina, ejército... (30)) incluida la construcción, con resultados satisfactorios. Con el juego se pretendía ver si exponiendo al jugador a la situación de trabajo habitual, veía, de forma segura y en primera persona, los riesgos a que se expone y las medidas para prevenirlos.

Diferentes avances en neurociencia han demostrado también la relación existente entre las emociones y la toma de decisiones (55). Los autores Damasio e Immordino-Yang defienden que procesos cognitivos como el aprendizaje, la memoria o la toma de decisiones están afectados por las emociones. Esto se

llama pensamiento emocional. El pensamiento y la emoción son dos aspectos de la persona que están interrelacionados. En la Figura 22 se muestra la relación entre los procesos cognitivos y los emocionales. Los primeros están representados dentro de la elipse blanca, mientras que los segundos en la gris. La zona en que ambos confluyen constituye el llamado pensamiento emocional, que como se puede ver abarca la mayor parte de procesos.

En el juego se aprovecha esta relación entre pensamiento y emoción de dos maneras: primero como una forma de “marcar” al trabajador, que experimente en un entorno seguro cómo se sentiría en caso de tener un accidente (por ejemplo, el vértigo que le produciría una caída al vacío). Pero el juego es también una herramienta útil para que el trabajador practique cómo actuar en una situación de emergencia (las personas tienden a bloquearse en situaciones de peligro). Con el juego se pueden ensayar estas situaciones, de modo que, si alguna vez sucede en la obra, el trabajador sepa cómo actuar y tenga una referencia anterior de dicha situación, de manera que no sea un escenario completamente nuevo y sea capaz de actuar.

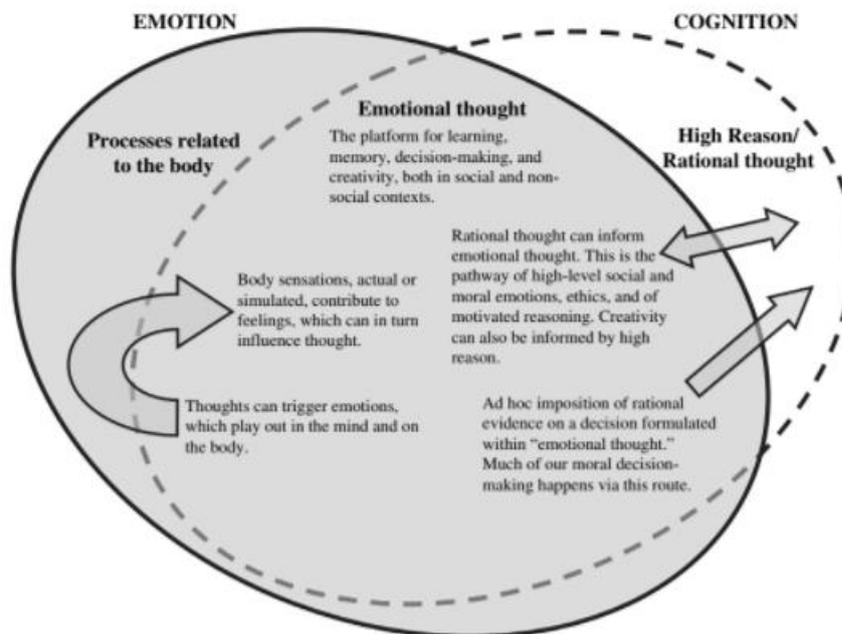


Figura 22: *relación procesos emocionales y cognitivos.* Immordino-Yang y Damasio (55)

El juego surge como una herramienta para que el trabajador, jugando de forma individual, se capaz de conocer y prevenir los riesgos en una obra de construcción. Sirve como elemento de apoyo para la formación a distancia. En este caso, en lugar de la discusión en clase con los compañeros, el trabajador debe aplicar sus conocimientos para superar el juego.

4.2.2. Descripción del juego

El juego desarrollado por Rebollo se trata de una experiencia virtual inmersiva, en que se expone al jugador a situaciones que el trabajador de una obra encuentra en su día a día. El objetivo es que, al final del juego, el jugador haya aprendido las medidas básicas de seguridad en una obra, mediante su aplicación en las situaciones de riesgo planteadas.

Mediante instrucciones escritas o auditivas, se le pide al jugador que realice una tarea. Para ello, tendrá que equiparse con las medidas de protección oportunas. Si el trabajador no ha tomado las precauciones necesarias, se pueden producir accidentes.

Se espera que el trabajador aprenda en base a la experiencia que adquiere de modo seguro con el juego. Esta experiencia se adquiere con el método de prueba y error, método que en la vida real no sería posible; se espera también que el jugador ponga en práctica lo explicado con anterioridad y experimente en primera persona la importancia de tomar las medidas de prevención necesarias.

Para mantener la motivación del jugador se establece un sistema de puntuación así como un contador de vidas que ofrece varias oportunidades al jugador.

El guión del juego se desarrolla en un edificio en construcción en la fase de estructura.



Figura 23: entorno del juego. Fuente: Rebollo, S. *Realidad virtual para la formación de PRL en la construcción. Desarrollo de un serious game inmersivo.* (20)

Al entrar en la zona de la obra, el jugador debe dirigirse a la caseta de obra (Figura 24) para equiparse debidamente antes de iniciar las tareas.



Figura 24: caseta de obra. Fuente:Rebollo, S. Realidad virtual para la formación de PRL en la construcción. Desarrollo de un serious game inmersivo. (20)

Después el jugador debe dirigirse a su zona de trabajo, donde llevará a cabo la tarea. Por el camino se enfrentará a distintas situaciones de riesgo (productos resbaladizos derramados, zonas de caída a gran altura) sin las protecciones adecuadas... El trabajador deberá saber identificar estos riesgos y evitar accidentes.

4.3. Modo de aplicación de la herramienta

Se propone el uso del juego como complemento de los cursos de formación a distancia. El juego constituiría la fase práctica de la formación.

En el cursillo de PRL, primero se da el temario establecido con las correspondientes actividades. Como actividad final de síntesis o incluso como prueba de evaluación, el formador puede pedir al estudiante que ponga en práctica sus conocimientos a través del juego. Los resultados del mismo son visibles tanto para el profesor como para el alumno, dando pie a comentarios sobre las decisiones tomadas y los errores cometidos.

4.4. Mejoras aportadas

En este caso, la ventaja que ofrece el juego respecto a la formación teórica actual es la experiencia. El juego ofrece una forma segura de estar en la obra, realizar tareas, y ver los fallos cometidos para prevenir accidentes sin riesgo para los trabajadores.

Cada usuario juega a su manera, según su forma de trabajar. Es por tanto más efectivo, porque al ser el trabajador el que lleva las riendas, la formación se adapta a lo que hará luego en la obra.

Permite a cada jugador marcar su ritmo de aprendizaje, *self-directed learning*.

4.5. Aplicación de los marcos al *serious game*

En esta sección se analizará el juego desde el punto de vista de los marcos pedagógicos expuestos anteriormente (sección 2.3).

4.5.1. Marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale

Para cada una de las tres dimensiones establecidas (individual –social, no-reflexiva –reflexiva, experiencia-información) se ha otorgado una puntuación de 1 a 5. El uno correspondería a un modelo individual, no-reflexivo y basado en la experiencia y el cinco correspondería a un modelo social, no-reflexivo y basado en la información.

En la siguiente tabla se muestra la puntuación otorgada al modelo de formación de prevención de riesgos laborales y al *serious game* desarrollado.

Tabla 8: Aplicación del marco de Conole, Dyke, Oliver y Seale a la formación en PRL

Modelo	Indv. – Social	No Refl. – Refl	Expr. – Info
Cursos de PRL	___ X _	___ X _	__ X __
<i>Serious game</i>	X _____	__ X__	X_____

La formación tradicional de los cursos de prevención de riesgos laborales, como norma general, se desarrolla en una clase, lo que implica la interacción entre el formador y los alumnos y entre alumno y alumno; por esta razón, en la dimensión individual –social se sitúa en el extremo social. Por otro lado, si esta formación se realiza a distancia estaría más cerca del extremo individual, aunque en esta opción también podría darse una comunicación entre los alumnos y entre alumnos y formadores.



En la dimensión no-reflexiva –reflexiva se le ha otorgado una puntuación de cuatro sobre cinco. El formador expone unos contenidos y luego, por medio de distintas actividades, puede hacer reflexionar a los alumnos. Por ejemplo, el profesor explica los equipos de protección individual (EPI) y después presenta un caso práctico para iniciar una discusión en clase. Se espera que los alumnos, con lo explicado en la primera parte de la clase, y la información dada en el caso práctico, piensen si se están tomando las medidas de prevención adecuadas, se están utilizando los equipos de protección necesarios etc. Mediante el debate del caso, el formador anima a los trabajadores a reflexionar sobre lo hablado en clase. (56)

En el plano experiencia –información, la formación de los cursillos se encuentra a medio camino entre ambas. Estos cursos son basados en la información generalmente, pocas veces se ofrece la parte práctica. Sin embargo, en el sector de la construcción, los trabajadores que reciben esta formación suelen tener alguna experiencia en el sector, y ésta puede ser usada como base para la reflexión. Pueden hacer aportaciones en la discusión de los casos prácticos basándose en su experiencia previa.

El serious game de prevención de riesgos laborales es una herramienta formativa individual. Es una herramienta para la formación práctica a distancia, el trabajador juego de forma individual en su casa.

En la dimensión no-reflexiva –reflexiva, se le ha otorgado un grado medio de reflexión, porque: por un lado, el jugador debe pensar en los conocimientos adquiridos en fases anteriores del curso para poder aplicarlos en el juego (esto está implícito en el juego); y por otro lado, la reflexión sobre lo vivido en el juego es la base de lo aprendido. Esto último, no está quizás implícito en el juego, sino que el formador puede pedir la reflexión posterior del alumno. Por el juego en sí y la forma de aprendizaje que implica, es posible realizar los tres tipos de reflexión:

- Cognitiva: reflexión sobre los contenidos teóricos del curso que han tenido que emplearse para superar el juego.
- Afectiva: pedir al alumno que reflexione sobre el juego, cómo éste ha cambiado su forma de ver la seguridad en el trabajo, si después de jugar se producirá un cambio en su forma de trabajar.
- Sobre el proceso: qué le ha resultado más difícil, qué ha aprendido, etc.

En último lugar, en la dimensión experiencia –información, se sitúa en el extremo de la experiencia. El mecanismo de aprendizaje de esta actividad es “aprender haciendo”, esta actividad constituye el elemento más práctico del cursillo de formación en prevención. Si bien es verdad que para superar el juego y adquirir esta experiencia, deben aplicarse los conocimientos teóricos adquiridos anteriormente.

4.5.2. Marco para la evaluación de actividades de Freitas y Oliver

El marco desarrollado por Freitas y Oliver fue especialmente diseñado para la evaluación de juegos educativos. Estos autores desarrollaron este marco para facilitar a los educadores la evaluación del uso potencial de juegos y simulaciones en clase, ayudarles a discernir cuál es el más adecuado, la mejor forma de introducir el juego en el currículo y los objetivos que se consiguen mediante su implantación.

Para el análisis del juego se ha desarrollado una tabla contestando a las preguntas correspondientes a cada una de las cuatro dimensiones consideradas (contexto, características particulares del alumno, proceso de aprendizaje y modo de representación del juego).

Tabla 9: Aplicación del marco de Freitas y Oliver al serious game

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
<p>¿Cuál es el contexto para el aprendizaje? (colegio, universidad, en casa...)</p> <p>Usado de forma individual como complemento a la formación a distancia. (se juega desde casa)</p> <p>¿Este contexto afecta al aprendizaje? (nivel de recursos, accesibilidad, soporte técnico)</p> <p>Requiere el uso de gafas de RV, por otro lado accesibles en el mercado</p>	<p>¿Quién es el usuario/ grupo? Trabajadores adultos del sector de la construcción.</p> <p>¿Qué formación previa tiene? Personas con formación superior o de grado medio. Pueden tener o no experiencia en el sector.</p> <p>Se considera que aunque no tengan experiencia tienen unos conocimientos teóricos anteriores</p>	<p>¿Qué modelos pedagógicos se están usando? Aprendizaje basado en la experiencia; teoría constructivista (<i>self-directed</i>, interacción con el entorno, aprendizaje activo). (37)</p> <p>Objetivos: aprendizaje de la prevención de riesgos en la obra, adquisición de experiencia en materia de prevención y modo de reacción en situaciones de riesgo.</p> <p>¿Cuáles son las actividades de aprendizaje? Se aprende mediante actividades basadas en la construcción de elementos en la obra.</p>	<p>¿Qué herramientas y contenidos son mejores para apoyar las actividades de aprendizaje? Elevado nivel de realismo gracias a la realidad virtual. Necesita de un modelo tridimensional de un edificio.</p> <p>Mayor realismo si se utilizan gafas de realidad virtual, incluye efectos de sonido.</p> <p>Juego individual, el usuario interactúa con el entorno mediante la construcción de elementos</p>

El alto nivel de fidelidad y el grado de inmersión empleado en el juego favorecen enormemente el aprendizaje; esto es también favorecido por el tipo de actividad a través de la cual se produce este aprendizaje. El uso de este juego permite incluir en el curso de formación a distancia una fase práctica que de otra forma no sería posible; además, incluye la experiencia como parte del proceso formativo.

Esta herramienta, si se introduce después de las explicaciones teóricas, constituye una forma eficaz de afianzar los conocimientos adquiridos pues obliga a su aplicación. Por otro lado, le falta una reflexión final, que puede conseguirse introduciendo una actividad posterior.

4.5.3. Taxonomía de Bloom

Mediante la aplicación de la Taxonomía de Bloom al *serious game*, se ha analizado qué nivel de aprendizaje se alcanza jugando. Para ello se ha elaborado una tabla donde aparecen los distintos niveles establecidos por Bloom y los aspectos de juego que pertenecen a cada uno.

Tabla 10: Aplicación de la taxonomía de Bloom al *serious game*

Nivel	Cursillo de PRL	<i>Serious game</i>
Conocimiento	Exposición por parte del profesor de los riesgos, medidas de seguridad, normativa, etc.	Recoger la información sobre la tarea a realizar dentro del juego (construir la pared), material necesario y el entorno. Por otro lado, es bueno tener un conocimiento previo de las medidas de prevención en una obra (esto es externo al juego) para poder superar el juego.
Comprensión	Mediante casos prácticos propuestos por el formador evaluar los riesgos de una obra, predecir consecuencias, indicar las medidas oportunas, etc.	Evaluar los riesgos presentes con la información recogida en el reconocimiento del entorno de la fase anterior. Predecir las consecuencias de los posibles accidentes si no se toman las medidas adecuadas.

Nivel	Cursillo de PRL	<i>Serious game</i>
Aplicación	En gran parte de los cursillos falta esta fase por la ausencia de un centro de prácticas. El <i>serious game</i> sería la herramienta que lo proporciona.	Tomar las medidas de prevención necesarias y adecuadas (ni de más ni de menos) Ser capaz de reproducir en el día a día de la obra lo aprendido en el juego.
Análisis	Analizar paso a paso cómo podría mejorarse la seguridad del caso de uso	No se alcanza
Síntesis	No se alcanza	
Evaluación		

Como se ve en la tabla, en el curso de prevención se alcanza un nivel de conocimiento superior al que se consigue simplemente con el juego. Sin embargo, aunque no se alcance el mismo nivel, la efectividad del juego procede de la forma de enseñar: basada en la experiencia (esto ayuda a afianzar los conocimientos).

4.6. Propuesta para mejorar el juego

En base a lo que se ha visto aplicando los marcos pedagógicos (falta de reflexión) se propone ampliar el uso de la actividad, de forma que después de pasar el juego se tengan que responder unas preguntas. Estas preguntas pueden implicar una reflexión afectiva (cuestionando al alumno si ha variado su opinión sobre la seguridad a raíz del juego, que costumbres ve que debería cambiar...), pueden incluir preguntas sobre el juego en sí (que fallos ha cometido, cómo podría haberlo evitado) o cuestionarle sobre los objetivos del juego (si se han alcanzado, se ha comprendido el curso, etc.).

4.6.1. Análisis del juego mejorado

Como se ha hecho en el caso anterior, mediante la aplicación de los marcos pedagógicos, se evaluará qué aportan las mejoras propuestas.

Marco tridimensional de Conole, Dyke, Oliver y Seale

Para cada una de las tres dimensiones establecidas (individual –social, no-reflexiva –reflexiva, experiencia-información) se ha mantenido la puntuación. Se ha añadido a la Tabla 8 una última fila correspondiente la actividad mejorada.

Tabla 11: *Aplicación del marco tridimensional*

Modelo	Indv. – Social	No Refl. – Refl	Expr. – Info
Cursos de PRL	_ _ _ _ _ X	_ _ _ _ X _	_ _ X _ _
<i>Serious game</i>	X _ _ _ _	_ _ _ _ _ X	X _ _ _ _
<i>Serious game mejorado</i>	X _ _ _ _	_ _ _ _ _ X	X _ _ _ _

Las mejoras propuestas apenas suponen ningún cambio en la aplicación de este marco.

En el eje individual –social el juego continúa siendo principalmente individual. La principal diferencia radica en las preguntas que se plantean después del juego; éstas proporcionarían un componente social si fueran discutidas en clase entre los alumnos o comentadas con el profesor. En todo caso, la mayor parte de la actividad se realiza de forma individual.

En el eje no-reflexión –reflexión el *serious game* sigue situándose en el extremo de la reflexión. En el análisis anterior se había visto que para completar el juego el trabajador debía pensar y aplicar conocimientos adquiridos anteriormente. La inclusión de preguntas posteriores al juego refuerza la reflexión en esta actividad.

La puntuación otorgada al eje experiencia –información en el primer análisis y en este último coinciden, pues se trata de una actividad basada en la experiencia que se adquiere jugando.

Marco para la evaluación de actividades de Freitas y Oliver

Se ha vuelto a evaluar el juego considerando las cuatro dimensiones establecidas por los autores (contexto, características particulares del alumno, proceso de aprendizaje y modo de representación) (38).

Tabla 12: Aplicación del marco de Freitas y Oliver

Contexto	Características del usuario	Consideraciones pedagógicas	Modo de representación (herramienta de uso)
<p>¿Cuál es el contexto para el aprendizaje? (colegio, universidad, en casa...) Usado de forma individual como complemento a la formación a distancia. (se juega desde casa)</p> <p>¿Este contexto afecta al aprendizaje? (nivel de recursos, accesibilidad, soporte técnico) Requiere el uso de gafas de RV, por otro lado accesibles en el mercado</p>	<p>¿Quién es el usuario/ grupo? Trabajadores adultos del sector de la construcción.</p> <p>¿Qué formación previa tiene? Personas con formación superior o de grado medio. Pueden tener o no experiencia en el sector.</p> <p>Se considera que aunque no tengan experiencia tienen unos conocimientos teóricos anteriores</p>	<p>¿Qué modelos pedagógicos se están usando? Aprendizaje basado en la experiencia; teoría constructivista (<i>self-directed</i>, interacción con el entorno, aprendizaje activo). (37)</p> <p>Objetivos: aprendizaje de la prevención de riesgos en la obra, adquisición de experiencia en materia de prevención y modo de reacción en situaciones de riesgo.</p> <p>¿Cuáles son las actividades de aprendizaje? Se aprende mediante actividades basadas en la construcción de elementos en la obra y contestación de las preguntas planteadas al finalizar.</p> <p>¿Cómo se puede emplear la reflexión para reforzar el aprendizaje? Con las preguntas que se plantean al final el jugador debe reflexionar sobre lo que ha aprendido y el modo adecuado de actuar en una obra. La reflexión sobre los accidentes sufridos y las causas ayudan a afianzar los conocimientos adquiridos.</p>	<p>¿Qué herramientas y contenidos son mejores para apoyar las actividades de aprendizaje? Elevado nivel de realismo gracias a la realidad virtual. Necesita de un modelo tridimensional de un edificio.</p> <p>Mayor realismo si se utilizan gafas de realidad virtual, incluye efectos de sonido.</p> <p>Juego individual, el usuario interactúa con el entorno mediante la construcción de elementos</p>

Esta herramienta introducida después de los contenidos teóricos sirve para afianzar los conocimientos adquiridos en materia de prevención. Mediante la introducción del cuestionario posterior se consigue la reflexión que se echaba en falta en el análisis anterior.

Se busca que la reflexión sobre lo sentido en los accidentes sufridos en el juego, reforzado por la realidad virtual, ayude concienciar de la importancia de la prevención de riesgos e interiorizar las medidas de prevención.

Taxonomía de Bloom

En la tabla siguiente en cada nivel de la taxonomía de Bloom se incluyen aspectos del juego y de la mejora propuesta que pertenecen a dicho nivel.

Tabla 13: *Aplicación de la taxonomía de Bloom*

Nivel	<i>Serious game</i>	<i>Serious game mejorado</i>
Conocimiento	<p>Recoger la información sobre la tarea a realizar dentro del juego (construir la pared), material necesario y el entorno.</p> <p>Por otro lado, es bueno tener un conocimiento previo de las medidas de prevención en una obra (esto es externo al juego) para poder superar el juego.</p>	<p>Recoger la información sobre la tarea a realizar dentro del juego (construir la pared), material necesario y el entorno.</p> <p>Por otro lado, es bueno tener un conocimiento previo de las medidas de prevención en una obra (esto es externo al juego) para poder superar el juego.</p>
Comprensión	<p>Evaluar los riesgos presentes con la información recogida en el reconocimiento del entorno de la fase anterior.</p> <p>Predecir las consecuencias de los posibles accidentes si no se toman las medidas adecuadas.</p>	<p>Evaluar los riesgos presentes con la información recogida en el reconocimiento del entorno de la fase anterior.</p> <p>Predecir las consecuencias de los posibles accidentes si no se toman las medidas adecuadas.</p>

Nivel	<i>Serious game</i>	<i>Serious game</i> mejorado
Aplicación	Tomar las medidas de prevención necesarias y adecuadas (ni de más ni de menos). Ser capaz de reproducir en el día a día de la obra lo aprendido en el juego.	Tomar las medidas de prevención necesarias y adecuadas (ni de más ni de menos). Ser capaz de reproducir en el día a día de la obra lo aprendido en el juego.
Análisis	Tras el juego, en clase o de forma individual, reflexionar sobre los fallos cometidos, lo que se podría mejorar. Cómo se habría actuado en la vida real, si ha cambiado este modo de actuación respecto al anterior al juego.	Tras el juego reflexionar sobre los fallos cometidos, lo que se podría mejorar. Cómo se habría actuado en la vida real, si ha cambiado este modo de actuación respecto al anterior al juego. Contestar a las preguntas planteadas sobre el juego en sí o sobre prevención de riesgos laborales.
Síntesis	No se alcanza	Una de las posibles preguntas a contestar después del juego es la elaboración de un plan de prevención para una obra distinta de la vista en el juego (incluyendo medidas individuales y colectivas).
Evaluación	No se alcanza	No se alcanza

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Los avances tecnológicos ofrecen numerosas ventajas tanto en el ámbito de la construcción como en la educación. En este trabajo se ha querido estudiar cómo, uniendo aspectos pedagógicos a este desarrollo tecnológico, se puede mejorar la experiencia formativa de los trabajadores del sector de la construcción.

Por un lado, el desarrollo tecnológico, el auge de BIM y las tecnologías de la información y la comunicación marcan una nueva forma de ver las cosas y de comunicarse. La entrada de BIM en las aulas permite usar métodos formativos que hasta ahora no eran posibles y que favorecen la adquisición de habilidades y conocimientos concretos. En el estudio de las oportunidades que ofrece BIM se han encontrado en la literatura numerosos casos de iniciativas que emplean modelos BIM, de diferentes formas, en los cursos de formación; algunos ejemplos se citan en el capítulo 2.

Por otro lado, el avance de las TIC permite el rápido acceso a distintos contenidos. La inclusión de estas tecnologías se traduce en una nueva forma de presentar la información (medios audiovisuales, intercambio de contenidos...) y ofrece un nuevo modelo de formación: *e-learning*.

Con este panorama de desarrollo se pueden encontrar gran cantidad de herramientas para la formación. Sin embargo, el uso de la herramienta equivocada, o el mal uso de la herramienta adecuada puede no favorecer o incluso entorpecer el aprendizaje de aquello que pretende enseñarse. Un enfoque adecuado es crucial para obtener resultados positivos.

Se han seleccionado dos herramientas que emplean un modelo BIM como base para desarrollar una actividad: las *learning pills*, que usan el modelo como

visualizador y enlace a tutoriales; y un *serious game*, donde el modelo 3D forma el escenario de un juego de realidad virtual. Estas dos herramientas se han analizado con tres marcos pedagógicos seleccionados a fin de estudiar la adecuación de las mismas llegando a los siguientes resultados:

- Las *learning pills* son una herramienta básicamente informativa.
- Aunque en un principio las *learning pills* comparadas con la formación tradicional no suponen una diferencia significativa, es el modo de llevar la información lo que marca la diferencia.
- La forma en que se expone el contenido en las *learning pills*, empleando medios audiovisuales, facilita la recepción y comprensión por parte del alumno.
- El *serious game* proporciona a los cursos de prevención la parte práctica ausente hasta ahora (como norma general).
- El *serious game* necesita una exposición previa de los contenidos, por lo que no puede sustituir completamente la clase teórica pero es muy eficaz para afianzar e interiorizar estos conocimientos.
- La experiencia es la base del aprendizaje con esta herramienta.

En un primer análisis se observó la ausencia de elementos que inciten a una reflexión sobre lo aprendido; se considera que la reflexión es importante para asentar lo aprendido. Se han propuesto mejoras para suplir esta carencia, obteniendo un resultado más satisfactorio en esta segunda iteración. No obstante, estas mejoras han quedado en la fase de propuesta, sin llegar a implementarse. Queda para futuros estudios la implementación de estas mejoras y el análisis tras su aplicación.

CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas

1. **Statista.** Construcción. *Sitio Web de statista.com.* [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Enero de 2018.] <https://es.statista.com/estadisticas/549605/aportacion-del-sector-de-la-construccion-al-pib-en-espana/>.
2. **Euroconstruct.** Sumario informe Euroconstruct. Noviembre 2017. *sitio Web de ITeC.* [En línea] 2017. [Citado el: 30 de Diciembre de 2017.] <https://itec.es/servicios/estudios-mercado/euroconstruct-sumario-ultimo-informe/>.
3. **Compañía Española de Seguros de Crédito a la Exportación.** Sectores. *sitio Web de SpainGlobal.* [En línea] 24 de Noviembre de 2016. [Citado el: 31 de Diciembre de 2017.] http://www.spainglobal.com/files/2016/informe_sectorial_2016.pdf.
4. **Dirección General de Estadística y Análisis Sociolaboral.** *Estadística de Accidentes de Trabajo. Datos de avance enero-octubre 2017.* Ministerio de Empleo y Seguridad Social. 2017.
5. **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** *Informe Anual de Accidentalidad de Trabajo en España 2015.* 2015.
6. **Knowles, M. S., Holton, E. F. y Swanson, R. A.** *The adult learner: the definitive classic in adult education and human resource development.* Octava edición. s.l. : Butterworth-Heinemann; Routledge, 2005.
7. **Blaschke, Lisa.** *Strategies for Implementing Self-Determined Learning (Heutagogy) within Education: A Comparison of Three Institutions (Australia,*

South Africa, and Israel). s.l. : Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2016. Tesis de máster.

8. **Pappas, Christopher.** Pedagogy vs. Andragogy In eLearning: Can You Tell the Difference. *sitio Web eLearning industry*. [En línea] 13 de Noviembre de 2015. [Citado el: 8 de Diciembre de 2017.] <https://elearningindustry.com/pedagogy-vs-andragogy-in-elearning-can-you-tell-the-difference>.

9. **Talavera, Núria.** *En busca de un entorno virtual de formación flexible y capaz de adaptarse a distintos contextos organizacionales*. Barcelona : Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.

10. **BuildingSMART Spanish Chapter.** ¿Qué es BIM? *sitio Web de buildingSMART*. [En línea] [Citado el: 8 de Diciembre de 2017.] <https://www.buildingsmart.es/bim/>.

11. **Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.** infoitec: itec.es. [En línea] 05 de Diciembre de 2016. [Citado el: 16 de Noviembre de 2017.] <https://itec.es/infoitec/jornadas/impulso-de-los-sistemas-bim-en-los-ciclos-formativos/>.

12. **Ahankoob, Alireza, Manley, Karen y Steinhardt, Dale.** *The application of Building Information Modelling to enhance organisational learning*. s.l. : Rics Cobra Aubea, 2015.

13. **Liu, Junshan y Killingsworth, Roger.** *A Study of Using BIM as an Innovated Teaching Tool in an Estimating Class - A Preliminary Report*. 2012. 48 ASC Annual International Conference Proceedings.

14. **Dubbels, B.** *Gamification, serious games, ludic simulation and other contentious categories*. 2, 2013, International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations, págs. 1 -19.

15. **IGI Global Disseminator of knowledge.** dictionary Serious game. *sitio Web de IGI Global*. [En línea] [Citado el: 13 de Diciembre de 2017.] <https://www.igi-global.com/dictionary/serious-games/26549>.

16. **Gredler, Margaret E.** *Games and Simulations and Their Relationships to Learning*. 2004, Handbook of Research on Educational Communications and Technology, págs. 571 -581.

17. **Kincaid, J. Peter y Westerlund, Ken K.** *Simulation in education and training*. s.l. : Winter Simulation Conference, 2009. págs. 273 -280.

18. **Lateef, Fatimah.** *Simulation-based learning: Just like the real thing*. 3 (4), 2010, Journal of Emergencies, Trauma, and Shock, págs. 348 -352.

19. **Lahuerta, Guillermo.** Learning pills for vocational training in construction. Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.

20. **Rebollo, Sara.** *Realidad Virtual para la formación en PRL en la construcción. Desarrollo de un serious game inmersivo*. Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.

21. **Kim, Jin-Lee.** *Use of BIM for Effective Visualization Teaching*. 3, s.l. : American Society of Civil Engineers, 2012, Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice, Vol. 138, págs. 214 -223.

22. **Mediati, Pavan y Irizarry, Javier.** *BIM- A New Teaching Tool.* Charleston, South Carolina, USA : s.n., 2011. ASSE Southeast Section Conference.
23. **Peng, Y, y otros.** *Generic model for measuring benefits of BIM as a learning tool in construction tasks.* 2, 2012, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 139, págs. 195 -203.
24. *Teaching Sustainable Design Using BIM and Project-Based Energy Simulations.* **Shen, Zhigang, y otros.** 3, s.l. : Education Sciences, 2012, Vol. II, págs. 136 -149.
25. *BIM to BEM as a Teaching Methodology to Support Sustainable Construction Decisions.* **Santiago, Pedro.** 47, s.l. : Periodica Polytechnica Architecture, 2016, págs. 94 -98.
26. *3D game-based training system for hazard identification on construction site.* **Dzeng, R., Hsueh, H. y Chang, R.** 2015. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015.
27. **Zhong, Yin.** *BIM-based Construction Training Program for Low-skilled Workforce: Visualization and Development of Equipment, Tool and Procedures for Construction Tasks.* s.l. : Master thesis, Bauhaus-Universität Weimar, 2016.
28. **Yang, Lin.** *BIM GAME: A "Serious Game" to Educate Non.experts about Energy related Design and Living.* s.l. : Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2007.
29. *BIMGame: Integrating Building Information Modeling and Games to Enhance Sustainable Design and Education.* **Yan, W y Liu, G.** Frankfurt (Alemania) : Predicting the Future [25th ECAADe Conference Proceedings], 2007. págs. 211 - 218.
30. **Ulicsak, Mary y Wright, Martha.** *Games in Education: serious games.* s.l., Reino Unido : Future lab, Junio de 2010.
31. *BIM-based virtual training environment for fire-fighters.* **Rüppel, Uwe y Schatz, Kristian.** 2010. 13th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering.
32. *Integrating Building Information Modeling with Augmented Reality for.* **Vassigh, S, y otros.** s.l. : 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct Proceedings, 2016.
33. *Simulation for education in construction and construction management - IT or not IT.* **Scott, David, Mawdesley, Mick y Long, Gavin.** s.l. : Icee, 2011.
34. **Karl, Christian K.** *Simulation and Gaming in Construction Business.* s.l. : University of Duisburg- Essen, 2014. págs. 9 -27.
35. *A pilot study of a 3D game environment for construction safety education.* **Lin, K. K-Y., Son, J. W. y Rojas, E. M.** s.l. : Electronic Journal of Information Technology in Construction, 2011, Vol. 16, págs. 69 -83.
36. *Construction Health and Safety Training: the utilisation of 4D enabled serious games.* **Dawood, N., y otros.** s.l. : Journal of Information Technology in Construction, 2014, Vol. 19, págs. 326 -335.
37. *Mapping pedagogy and tools for effective learning design.* **Conole, G, y otros.** 43, 2004, Computers & Education, págs. 17 -33.



38. *How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated?* **Freitas, Sara de y Oliver, Martin.** 46, 2006, Computers & Education, págs. 249 -264.
39. **Bloom, Benjamin S., y otros.** *Taxonomy of Educational Objectives. The clasification of educational goals.* s.l. : Longmans, Green and Coltd, 1956.
40. **Dron, Jon y Anderson, Terry.** *Teaching Crowds: learning & social media.* s.l. : AU Press, 2014.
41. **Experiential Learning Office.** *Critical Reflection - an integral component to experiential learning.* s.l. : Ryerson University, 2009.
42. **The Learning and Teaching Office.** *Best Practices in Experiential Learning.* s.l. : Ryerson University.
43. **UCF Faculty Center for Teaching and Learning.** Teaching & Learning Resources: Faculty Center for Teaching and Learning. *Faculty Center for Teaching and Learning.* [En línea] [Citado el: 24 de Noviembre de 2017.] <http://www.fctl.ucf.edu/teachingandlearningresources/coursedesign/bloomstaxonomy/>.
44. **Lopez García, Juan Carlos.** La Taxonomía de Bloom y sus actualizaciones: Eduteka. *sitio Web eduteka.icesi.* [En línea] 01 de Septiembre de 2014. [Citado el: 23 de Noviembre de 2017.] <http://eduteka.icesi.edu.co/modulos/1/164/129/1>.
45. *Orden ECD/100/2013, de 23 de enero, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de grado medio correspondiente al título de Técnico en Construcción.* Madrid, España : s.n., 2013. Boletín Oficial del Estado.
46. **Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.** mecd.gob.es. [En línea] [Citado el: 15 de Noviembre de 2017.] <http://www.mecd.gob.es/fpadistancia/informacion-para-estudiantes/guia-del-alumnado/organizacion-enseñanzas.html>.
47. —. educaLAB. [En línea] [Citado el: 29 de Noviembre de 2017.] <http://educalab.es/recursos/historico/ficha?recurso=968>.
48. **Centro Integrado Público de Formación Profesional del Complejo Educativo de Cheste.** Aula transversal: "Construyendo futuro". [En línea] [Citado el: 29 de Noviembre de 2017.] http://www.fpcheste.com/images/ciclos/edificacion/Proyecto_de_inonovacion_aula_transversal_construyendo_futuro.pdf.
49. **I.E.S La Rosaleda.** Edificación y obra civil: Galería fotográfica: I.E.S La Rosaleda. [En línea] [Citado el: 16 de Noviembre de 2017.] http://www.ieslarosaleda.com/imgDepartamentos/56_1OI-Revestimientos-Continuos_505.jpg.
50. *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.* Madrid, España : s.n., 1995. Boletín Oficial del Estado.
51. **Mesa Técnica Seguridad laboral en la construcción de la Región de Murcia.** *Guía de obligaciones preventivas para empresas en obras de construcción.* [Documento] s.l. : Asociación Mesa Técnica Seguridad Laboral en Construcción Región de Murcia, 2016. ISBN: 978-84-89882-53-9.

52. *V Convenio General del Sector de la Construcción. Ministerio de Empleo y Seguridad Social.* 64, Madrid : Boletín Oficial del Estado, 15 de Marzo de 2012, Boletín Oficial del Estado, pág. 23899.

53. *prevencionar.com.* [En línea] [Citado el: 9 de Noviembre de 2017.] <http://prevencionar.com/2015/06/18/47-casos-practicos-y-actividades-didacticas-en-materia-de-prevencion-de-riesgos-laborales/>.

54. *Estadística de Accidentes de Trabajo.* Instituto Nacional de Estadística.

55. *We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education.* **Immordino-Yang, Mary Helen y Damaso, Antonio.** 1, 2007, Mind, Brain and Education, Vol. I, págs. 3 -10.

56. **INSHT - Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.** *Notas Prácticas-Equipos de Protección Individual.* [Documento] Barcelona : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015.

Anexo I

Glosario de términos

Anexo I: Glosario de términos

Andragogía: conjunto de técnicas aprendizaje o enseñanzas, donde los que aprenden son adultos. El modelo a seguir se basa en la forma de aprender de los adultos, un aprendizaje más autónomo encaminado a obtener unos objetivos fijados por el mismo.

Aprendizaje: adquisición del conocimiento de algo por medio del estudio o la experiencia. Fijar algo en la memoria. Adquisición por la práctica de una conducta duradera (1).

BIM (Building Information Modelling): 1. Representación digital de todo tipo de proyectos a partir de sus componentes, incluyendo su geometría e información (2). 2. Metodología o proceso colaborativo para desarrollar y utilizar modelos inteligentes que contienen información para apoyar decisiones de proyecto y procesos de diseño, construcción y operación durante todo el ciclo de vida de un proyecto, lo que implica una integración y gestión de información provista y usada en diferentes formatos y por diferentes actores del proyecto (2).

Heutagogía: forma de aprendizaje autodeterminado con prácticas y principios arraigados en la andragogía, los alumnos son autónomos y se hace hincapié en el desarrollo de las capacidades.

Learning pill: o píldora de aprendizaje, lecciones cortas que versan sobre un tema concreto. Pequeñas piezas de material didáctico creadas como objetos de aprendizaje de contenido audiovisual (3).

Marco pedagógico: conjunto de supuestos pedagógicos que sirven para analizar y desarrollar actividades y propuestas de acción.

Modelo: Representación de alguna cosa, arquetipo o punto de referencia para imitarlo (1).

Pedagogía: ciencia que se ocupa de la educación y la enseñanza. Práctica educativa o método de enseñanza. (1)

Reflexión: pensar atenta y detenidamente sobre algo (1)

Serious game: juego formativo. Juegos diseñados con un propósito principal distinto de la mera diversión.

Simulación: recreación de procesos que se dan en la realidad mediante la construcción de modelos que resultan del desarrollo de ciertas aplicaciones específicas.

TIC: tecnologías de la información y la comunicación, conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar información y enviarla de un lugar a otro.

Referencias:

1. **Real Academia Española.** *Diccionario de la lengua española.* s.l. : Real Academia Española, 2017.
2. **BIM Forum Chile.** Definición BIM. *sitio Web de BIM Forum Chile.* [En línea] [Citado el: 16 de Enero de 2018.] <http://www.bimforum.cl/definicion-bim/>.
3. **Bengochea Martínez, Luis.** *Píldoras formativas audiovisuales para el aprendizaje de programación avanzada.* XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática.

Anexo II

Ejemplo de casos prácticos para desarrollar en un curso de prevención¹.

¹ Fuente: prevencionar.com



En esta ocasión, la sección de Notas Prácticas trata el tema de los Equipos de Protección Individual (EPI). Se incluyen los siguientes apartados: un conjunto de recomendaciones que constituyen el cuerpo teórico del tema; un caso práctico; una serie de actividades didácticas que pueden desarrollarse a partir de dicho caso y un apartado de legislación. Las propuestas didácticas son orientativas y tienen como finalidad el que puedan ser utilizadas por el profesorado como herramientas de apoyo a la hora de abordar la enseñanza en temas de prevención.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Un equipo de protección individual (EPI) es “cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo...”. Es fundamental destacar que desde el ámbito preventivo y legal a estos equipos se les otorga un carácter de **última protección**, “... deberán utilizarse cuando los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo”, por lo que constituyen el recurso final de la cadena preventiva. O sea, los EPI deben entenderse como un medio de protección de riesgos complementario y, en la medida de lo posible, temporal. Un EPI (botas, mascarillas, cascos, guantes, etc.) nunca elimina, ni tan siquiera controla una situación de riesgo; el control consiste en implantar los medios que impidan la presencia de riesgos en el puesto de trabajo. Dando por supuesto el respeto a estos principios, lo cierto es que todavía hoy los EPI forman parte de la cultura más elemental de la prevención de riesgos laborales y son una parte importante de la estrategia de seguridad que se aplica en las empresas. En consecuencia, conviene recordar que una buena gestión y uso de los EPI es fundamental para que estos elementos cumplan su función correctamente, puesto que una protección puede perder toda o parte de su eficacia, incluso puede generar otros riesgos, si no cumple los requisitos de fabricación necesarios (certificación), se utiliza incorrectamente o no se adapta a los usuarios. A continuación, se proponen las normas básicas que deben tenerse en cuenta en el uso, elección y conservación de los equipos de protección individual.

NORMAS BÁSICAS

- Se debe recurrir al uso de los EPI cuando se han agotado todas las otras vías prioritarias de seguridad, como son las organizativas o las de protección colectiva. También deben usarse como complemento cuando el control del riesgo no esté garantizado por esas medidas o de forma provisional mientras se adoptan los sistemas de protección colectiva.
- Deben dar una protección eficaz sin suponer un riesgo adicional para el usuario, por lo que han de cumplir con los requisitos legales de fabricación (marcado de conformidad CE), adaptarse a la anatomía y condiciones de salud de las personas que los usaran y ser compatibles entre sí.
- La empresa tiene la obligación de determinar los puestos de trabajo que precisen el uso de los EPI, al igual que elegir estos equipos y proporcionarlos gratuitamente a las personas que trabajan.
- Al elegir los EPI hay que tener en cuenta que la protección que ofrezca el equipo sea la necesaria para el riesgo evaluado, que su uso no ocasione riesgos adicionales, que en lo posible no interfiera en el proceso productivo y que se adapte a las condiciones de salud y ergonómicas de cada usuario.
- Al adquirir el EPI se debe tener en cuenta el folleto informativo del fabricante que contiene los datos relativos al almacenamiento, uso, limpieza mantenimiento, desinfección, etc. Es conveniente probar los EPI en el lugar de trabajo antes de comprarlos.
- Los EPI son de uso individual y su distribución debe ser personalizada, ya que deben ajustarse a las características de cada individuo. Antes de utilizarlos, cada usuario debe recibir información y formación sobre los equipos que se le entregan (cursos, reuniones, instrucciones escritas personales, etc.), así como en qué momento se deben usar.
- El folleto informativo de los EPI debe estar en un lugar accesible para todos los trabajadores y deberá estar redactado en un lenguaje comprensible para ellos.
- Se deberán organizar sesiones de entrenamiento para el correcto uso de los EPI, especialmente en la utilización simultánea de varios equipos.
- Cada persona trabajadora tiene la obligación de seguir las instrucciones que se le han dado sobre la utilización y mantenimiento de los equipos de protección individual, así como de colocarlos en el lugar indicado después de usarlos.
- Los trabajadores también tienen el deber de informar de inmediato a su superior jerárquico directo de cualquier defecto, anomalía o daño apreciable en un EPI.
- Para conseguir resultados óptimos de los equipos de protección individual es imprescindible la intervención del Servicio o del Técnico de Prevención en el proceso que va desde la elección hasta la correcta utilización o conservación de los EPI, al igual que la participación de todas las personas que trabajan y puedan necesitarlos.

CASO PRÁCTICO

Descripción: Victor, Santi y Toñi son tres jóvenes emprendedores que están intentando levantar un antiguo negocio de reparación de coches. Se conocieron el primer año que estudiaban Automoción en un centro de Formación Profesional y, desde entonces, han compartido estudios, aficiones y trabajo. Cuando salió la oportunidad de establecerse por su cuenta, no lo dudaron. Los antiguos dueños de la empresa les cedieron el viejo taller con todas sus pertenencias: material, herramientas, pequeñas máquinas e, incluso, los equipos de protección individual que usaban. Ellos no dijeron que no a nada, porque cualquier cosa era valiosa para empezar. Lo que sí hicieron fue cerciorarse de que tuvieran las garantías de seguridad y el marcado CE. Comprobaron que no era así en varios casos, pero valoraron que los equipos estaban “pasables” y que los utilizarían igual.

El local era pequeño y sólo disponía de dos pequeñas ventanas por las que entraba un poco de luz natural. Le limpiaron una poco “la cara” al taller, lo ordenaron y se pusieron a trabajar enseñada. Hace poco, ficharon a Hans, un chico emigrante que provenía de Alemania del Este. El joven no se desenvolvía bien con el idioma español, pero demostró ser muy “manitas” y para ellos esto era lo importante.

En estos momentos, Toñi se dispone a pintar la chapa de un coche ya reparado. Hace un gesto con la boca y lanza un potente silbido. Inmediatamente, Victor y Santi, que están realizando otras tareas de reparación, levantan la cabeza hacia ella y se echan a reír. Toñi les dice en voz alta, como si

fuera una orden: ¡A cubrirse, que voy a pintar! Victor y Santi se dirigen hacia un pequeño armario, cogen dos mascarillas, se las colocan en la cara y continúan haciendo sus respectivos trabajos.

Hans observa sorprendido la escena y le pregunta a Santi que qué pasa. El chico le explica que el silbido de Toñi es la señal de que va a empezar a pintar y entonces ellos se ponen la protección. Le recomienda a Hans que haga lo mismo porque respirar aquel ambiente no es nada bueno. El chico va a buscar otra mascarilla al armario que le ha indicado Santi, pero allí no la encuentra. Mientras tanto, Toñi ha empezado a pintar y el local se inunda de un fuerte olor a pintura. Hans vuelve a preguntar por la mascarilla y sus compañeros le indican que mire por el taller porque tiene que haber dos más. Por fin, Hans encuentra una dentro de un carro de herramientas.

Intenta ponérsela pero le queda grande y no sabe cómo sujetarla a la cara. Al chico le da un poco de apuro preguntar más al respecto y regresa hacia el armario de los EPI para ojear el folleto informativo, pero no consigue resolver el problema porque está escrito en español. Por no resultar pesado, decide continuar puliendo la chapa del utilitario verde y tratar el tema más tarde con sus compañeros. Al cabo de un rato, Victor observa que el joven alemán está trabajando sin la mascarilla y que está muy pálido. Otro vistazo rápido le indica que las ventanas están cerradas y la puerta de entrada de los coches, también. De un salto se coloca al lado de Hans y, sujetándole por un brazo, le acompaña hacia el exterior del local.





Utilizar las protecciones personales de forma colectiva, sin tener en cuenta las características físicas de cada persona que debe usarlas (estatura, tamaño de las manos, pies, cabeza, etc.).

Normas básicas 4 y 6

Usar los equipos de protección individual (EPI), en este caso mascarillas, como una medida de seguridad sin antes implantar otros sistemas preventivos de ámbito colectivo que son prioritarios. Por ejemplo: establecer una buena ventilación en el local, ubicar una zona específica para pintar los coches, instalar cabinas de pintura, etc.

Norma básica 1

Mantener y usar equipos de protección individual que no cumplan los requisitos de seguridad necesarios y que no dispongan del marcado CE.

Norma básica 2

No guardar el equipo de protección (mascarilla) en el lugar que le corresponde después de utilizarlo para trabajar.

Norma básica 9



Disponer de un folleto informativo de los EPI que está expresado en un idioma que no es comprensible para todas las personas que pueden necesitar leerlo.

Norma básica 7

Explicar de forma deficiente al trabajador para qué sirve el EPI (mascarilla) y no dar ninguna instrucción de cómo se debe usar.

Normas básicas 6 y 8

ACTIVIDADES DE AYUDA PARA EL PROFESORADO

A partir del caso práctico expuesto, tratar de identificar los factores de riesgo que han producido que Hans palideciera y plantear soluciones preventivas y correctivas relacionadas con la seguridad del taller y los equipos de protección individual (EPI).

Propuesta: A partir de la lectura del caso y de una breve explicación del tema por parte del profesorado, los alumnos deberán escribir, en grupos de cuatro personas, cuáles son los factores de riesgo que se describen en la historia, en relación con los EPI y las condiciones físicas del local. En el trabajo se explicarán también las causas que provocan la aparición de estos factores de riesgo y las medidas preventivas y correctivas que implantarían para que el entorno de trabajo fuera más seguro. Una vez finalizada la tarea, el profesorado escribirá en la pizarra las aportaciones de los distintos grupos para acordar después, entre todos, unas conclusiones finales que sirvan para mejorar la situación de seguridad del taller.

Los alumnos imaginarán que son los protagonistas del caso práctico y que deben comprar nuevos EPI para el taller. Este ejercicio tiene como objetivo que el alumnado tenga una visión amplia de la variedad de equipos de protección que existen y saber cuáles son los factores más importantes que deben considerarse al adquirirlos.

Propuesta: El profesorado propondrá a los alumnos que imaginen que son dueños de un taller de automoción, como en el Caso Práctico, y que deben comprar los EPI necesarios para cada tarea y para cada persona que trabaje en él. En primer lugar, el alumnado deberá buscar e identificar qué tipos de EPI existen en el mercado, clasificándolos en función de los riesgos y la parte del cuerpo que protegen (cara, ojos, manos, etc.). En segundo lu-

gar, el alumnado deberá relacionar alguno de estos EPI con los riesgos asociados a las actividades del taller, como puedan ser: pintura de la chapa de un coche, cambio de aceites o lubricantes, reparación de alguna pieza, pulido de las chapas, etc. En tercer lugar, los alumnos deberán enumerar en una lista los factores que se deben tener en cuenta, desde el punto de vista de la seguridad y la ergonomía, para la elección y utilización de los EPI (la capacidad de amortiguación, aislamiento, concepción ergonómica, grado de protección, mantenimiento, etc.). Para poder realizar estas actividades será preciso establecer grupos de trabajo de cuatro o cinco personas que deberán discutir los puntos anteriores para, posteriormente, ponerlos en común con el grupo-clase y el profesorado.

Todos los ejercicios pueden resolverse a partir de la discusión en grupo y de los comentarios de los alumnos.

Realizar una campaña de información y de sensibilización sobre la importancia de utilizar los EPI en el trabajo cuando existan riesgos laborales que no se hayan podido controlar con medidas organizativas o de seguridad colectivas. Remarcar la necesidad del uso correcto, el mantenimiento y la revisión de los equipos de protección forma periódica.

Propuesta: A partir de los contenidos tratados en clase y con la ayuda del profesorado, los estudiantes, en grupos de cuatro personas, diseñarán material divulgativo e informativo (carteles, tarjetones, folletos, etc.) sobre la función de los EPI. Se enfatizará en aspectos de orden y limpieza, revisión periódica y mantenimiento de los mismos. El alumnado deberá decidir a qué tipo de audiencia quieren dirigirse: a

los propios estudiantes de FP, al profesorado, a personas trabajadoras en actividades específicas o a responsables de empresas. También decidirá dónde quedará ubicado este material (en aulas, pasillos, centros de prácticas, etc). En función de los destinatarios elegidos, se remarcarán unos aspectos de la información más que otros. En todo el material elaborado se deberá seguir un patrón común de contenidos: señalar los riesgos e indicar las medidas preventivas colectivas y también las de protección, entre las cuales se incluirán los EPI.

Plantear al alumnado que elija una profesión y busquen los Equipos de Protección Individual que se necesitan para cada puesto de trabajo. Después, deberán decidir también que tipo de medidas preventivas colectivas implantarían antes en cada caso (de organización, ergonómicas, de seguridad, ambientales, etc.). Con esta actividad se pretende que el alumnado reflexione sobre el principio de que la prevención debe prevalecer por encima de la protección de riesgos laborales, si es posible.

Propuesta: Se dividirá la clase en grupos de 3 a 4 personas. Cada uno elegirá una profesión y el alumnado, por grupos, meditará sobre los diferentes riesgos laborales a los que están expuestas las personas que trabajan en este sector, los EPI que deberían usar y las medidas preventivas más apropiadas. Una vez finalizado este proceso, cada grupo expondrá la profesión elegida y las medidas preventivas propuestas que estarán planteadas con la intención de que los EPI seleccionados sean lo menos indispensable posible. Finalmente, se elaborará un listado de las profesiones, las medidas preventivas y los EPI que le atañen a cada una de ellas. Como continuación a esta actividad, el profesorado puede sugerir un coloquio en el que el alumnado deberá proponer nuevas medidas para completar los listados de sus compañeros.

LEGISLACIÓN



Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE 10.11.1995) y sus posteriores modificaciones.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención. (BOE 31.1.1997).

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo. Disposiciones mínimas sobre la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal (EPI). (BOE 12.6.1997. Rectificado 18.7.1997).

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (BOE 23.4.1997).

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (BOE 7.8.1997).

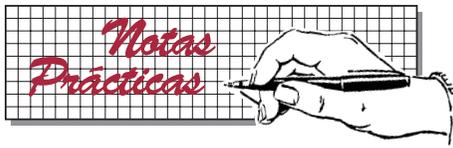
Los textos legales actualizados pueden consultarse en la siguiente dirección de internet: www.mtas.es/insht/legislacion/index.htm

Edita: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. **Redacción y Administración:** INSHT-Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Dulcet, 2-10 08034 Barcelona. **Teléfono:** 93 280 01 02 - Ext. 2313 / **Fax:** 93 280 00 42 - **Internet:** <http://www.mtas.es/insht/> / **e-mail:** cnctinsht@mtas.es

NIPO: 211-04-007-8 - Depósito legal. - B-14411-96 - FD 2342

Director de la Publicación: Juan Guasch. **Redacción:** Rosa M^a Banchs, Pilar González, Elisenda López, Jaime Llacuna, Laura Pujol. **Diseño gráfico:** Enric Mitjans. **Composición:** M^a Carmen Rusiñol. **Impresión:** Centro Nacional de Condiciones de Trabajo

PAPEL 100% REICLADO



En esta ocasión, la sección de Notas Prácticas trata el tema de la seguridad en la construcción. Se incluyen los siguientes apartados: un conjunto de recomendaciones que constituyen el cuerpo teórico del tema; un caso práctico; una serie de actividades didácticas que pueden desarrollarse a partir de dicho caso y un apartado de legislación. Las propuestas didácticas son orientativas y tienen como finalidad el que puedan ser utilizadas por el profesorado como herramientas de apoyo a la hora de abordar la enseñanza en temas de prevención.

SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

No es necesario insistir en que la construcción es una actividad arriesgada. Los índices de siniestralidad laboral colocan al sector de la construcción en una primera posición con respecto a otras actividades del país (agricultura, industria y servicios). Los trabajos en construcción están asociados a muchos riesgos que pueden ocasionar un accidente mortal o un perjuicio para la salud: caer desde una altura; quedar atrapado por la tierra o los escombros; recibir golpes por la caída de materiales y herramientas; sufrir cortes, contusiones, esguinces o problemas de espalda al manipular cargas; entrar en contacto con sustancias peligrosas, etc. Muchos estudios sobre la siniestralidad en este sector indican que el 80% de los accidentes tienen sus causas en errores de organización, planificación y control y que el 20% restante se debe a errores de ejecución. De ahí la importancia de integrar la prevención desde el proyecto, tal y como obliga la actual legislación (Estudio de Seguridad y Salud), y la necesidad de que todas las personas implicadas en el proceso productivo tengan información sobre los riesgos y su prevención. A continuación, se ofrecen unos consejos básicos sobre salud y seguridad en construcción, con el fin de ayudar a prevenir los accidentes de los trabajadores y también los que puedan sufrir otras personas ajenas a las obras. Teniendo en cuenta la complejidad del tema, muchas de estas medidas se tratarán de forma más amplia y específica en futuros números del periódico.

MEDIDAS PREVENTIVAS

1 Informar a los trabajadores acerca de los riesgos existentes en el trabajo y las medidas de control que deben seguirse, así como impartir la formación necesaria para la realización de cada tarea.

2 Vallar la obra para evitar el acceso a la misma de personas que no trabajen en ella. Crear accesos seguros a las zonas de trabajo (andamios, tejados, zanjas, etc.) mediante la utilización de pasarelas y torres de acceso protegidas.

3 Señalizar toda la obra indicando las vías de tráfico de los vehículos. Marcar en el suelo las zonas de paso de éstos y las vías de los peatones manteniendo, si es posible, una separación física entre ambas. Indicar la prohibición de entrada de personas ajenas a la obra mediante la señal correspondiente.

4 Mantener seguras las vías de tráfico. Señalar y delimitar espacios "seguros" alrededor de los vehículos de

carga y de la maquinaria de excavación (retroexcavadora, pala cargadora, bulldozer, etc.). Los límites vienen dados por el alcance máximo de estos vehículos, ya sean propios de la obra, instalados sobre un camión o móviles. Se deben señalizar y vallar en cada caso.

5 Formar de manera específica a los conductores de los vehículos mencionados (deben disponer de un documento acreditativo). Además, es necesario que el trabajador tenga la autorización expresa de la empresa.

6 Usar los dispositivos obligatorios de seguridad de las máquinas (señales sonoras y protectores) y revisar su buen funcionamiento.

7 Dotar la obra con instalaciones higiénicas y de descanso que cubran las necesidades de todas las personas que trabajan en ella. Establecer procedimientos de emergencia instalando los medios necesarios contra incendios

(extintores, vías de evacuación, etc.) y de primeros auxilios.

8 Instalar los montacargas y elevadores de manera que su solidez y estabilidad estén garantizadas.

9 Asignar el montaje, desmontaje y modificación de andamios a personas formadas para ello. Comprobar periódicamente su estado de seguridad, sobre todo después de mal tiempo. Instalar en ellos barandillas, rodapiés y redes para evitar la caída de personas y objetos.

10 Utilizar equipos mecánicos de manipulación de carga y eliminar, en lo posible, la manipulación manual. Formar a las personas que trabajan sobre como levantar cargas con seguridad.

11 Instaurar medidas para reducir la exposición al ruido. Prioritariamente, se procurará el aislamiento de las máquinas productoras de ruido y el uso de los EPI (orejeras

y tapones). Almacenar de forma segura las sustancias peligrosas siguiendo las indicaciones de las Fichas de Datos de Seguridad.

12 Utilizar los equipos de protección personal que sean necesarios: casco, guantes, calzado, cinturón, mascarillas contra la exposición al polvo (madera, silicatos, etc.).

13 Instalar protecciones colectivas contra caídas en todos los lugares que sea necesario (barandillas, cobertura de huecos, redes de seguridad). Identificar los techos y partes frágiles de la obra y proteger los agujeros con cubiertas marcadas y fijadas para evitar las caídas.

14 Instalar protecciones que eviten que las personas o los vehículos caigan en las excavaciones: vallas señalizadas (franjas rojas y blancas) a 1,50m mínimo del borde del vaciado; barandillas en zonas de paso a 0,60 m del borde del vaciado; topes de seguridad para vehículos, etc.

CASO PRÁCTICO

Descripción: Pedro y Julián hace dos semanas que están trabajando en la construcción de un edificio de viviendas y de aparcamientos. Pertenecen a una empresa subcontratada que acostumbra a colaborar con la constructora cuando peligran los plazos de ejecución de las obras. Los trabajadores no tienen una ocupación específica sino que se les asigna una tarea u otra en función de los trabajos que estén más atrasados. En esta ocasión, se trata de ayudar en el montaje y desmontaje de andamios y en la manipulación de cargas. Tanto Pedro como Julián hace tiempo que están ocupados en el sector de la construcción y la experiencia les ha enseñado a prever si el trabajo será más o menos "accidentado" en función de la organización y la seguridad que presentan las obras: las hay perfectamente planificadas, las que se pueden llamar "normales" y las que son un verdadero caos. Su destino actual todavía está por calificar, pero los primeros indicios no han resultado ser muy halagüeños.

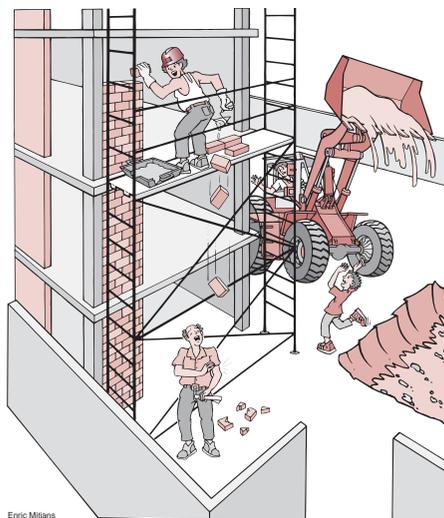
El día que se presentaron en el trabajo observaron que la valla de seguridad que cierra el espacio ocupado por la obra estaba abierta por una zona por la que entraban y salían los trabajadores. Junto a esta abertura no se distinguía ninguna indicación o cartel. En el interior del recinto, el tránsito de vehículos era intenso: las carretillas iban de un lado a otro de la obra, mientras que una máquina excavadora retiraba tierra de un enorme socavón que había en el suelo. En el interior

de la obra no vieron ninguna señal que indicara el lugar de paso de los vehículos, ni tampoco las zonas que eran peligrosas.

Hace ya unos días que colaboraron en el montaje de los andamios sin instalar en ellos los "rodapiés". El encargado de la obra les indicó que no lo tenían previsto y que lo harían cuando estuviera toda la estructura levantada; corría prisa trabajar en la edificación.

Hoy a Julián le ha tocado sustituir al compañero ausente que maneja la excavadora. Conocedores de que en alguna otra ocasión lo había hecho, los responsables de la obra se lo han pedido a pesar de no disponer del permiso de su empresa. Mientras Julián realiza el trabajo encomendado se fija en que un chaval joven ha entrado a fignear por la obra.

- Supongo que alguien le llamará la atención- piensa- mientras continua con su tarea. Al cabo de un rato, cuando estaba a punto de volver a descargar la pala cargada de tierra, Julián oye un grito que provenía del edificio en construcción. Al mirar hacia allí, ve a Pedro vociferando hacia las alturas desde donde habían caído unos ladrillos rotos: uno de ellos le había alcanzado en el brazo produciéndole una herida que sangraba en abundancia. Julián detiene inmediatamente la excavadora para auxiliar al compañero accidentado y, para mayor susto, al descender del vehículo ve frente a la excavadora al jovencito intruso a punto de caer en el socavón.



Eric Millers

Caso práctico. Factores de riesgo



Ausencia de señales que indiquen la prohibición de entrar en la obra a personas que no trabajen en ella.

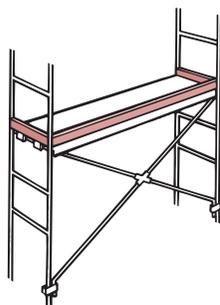
Medida preventiva 3

No vallar la totalidad del recinto destinado a la obra.
Medida preventiva 2

No señalizar en el interior de la obra las vías correspondientes al paso de los vehículos y de los peatones.
Medida preventiva 3

No instalar los rodapiés de seguridad en los andamios para impedir la caída de objetos desde ellos.

Medida preventiva 9



Realizar trabajos en la obra sin usar los equipos de protección individual que sean preceptivos, como es el caso del casco.

Medida preventiva 12

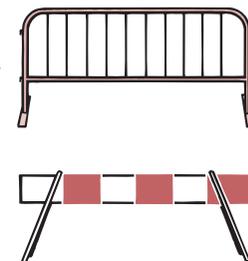


Realizar trabajos con la excavadora sin que la empresa a la que pertenece el conductor haya dado la autorización.

Medida preventiva 5

No delimitar la zona de seguridad de trabajo de la excavadora, ni tampoco instalar vallas o barandillas que eviten la caída de personas o vehículos en el vaciado.

Medidas preventivas 4 y 14



ACTIVIDADES DE AYUDA PARA EL PROFESORADO

1 A partir del Caso Práctico expuesto, tratar de identificar los factores de riesgo que han propiciado los accidentes y plantear soluciones preventivas y correctivas relacionadas con la seguridad en las obras de construcción.

Propuesta: A partir de la lectura y del análisis del caso expuesto, el alumnado, dividido en grupos, deberá decidir cuáles son los factores de riesgo que se describen en la historia en relación con las condiciones físicas de la obra. En esta actividad se explicarán las causas de la aparición de los factores de riesgo y las medidas preventivas que se deberían implantar para conseguir un entorno de trabajo más seguro. Una vez finalizada la tarea, el docente escribirá en la pizarra las aportaciones de los grupos para acordar las conclusiones finales entre todo el grupo-clase.

2 Visitar una obra de construcción con el fin de observar la presencia o ausencia de medidas de prevención de riesgos colectivas e individuales.

Propuesta: En pequeños grupos se propondrá hacer una visita a diferentes obras de construcción con el propósito de que el alumnado observe los riesgos reales de cada puesto de trabajo y las medidas preventivas y de protección implantadas en las obras. Los estudiantes también deberán anotar, si es el caso, la ausencia de medidas de seguridad y explicar las que serían más oportunas y que no se han tenido en cuenta. Igualmente, deberán prestar especial atención en la señalización de la obra. Finalmente, se comentarán en clase los datos anotados por los diferentes grupos con el objetivo de utilizarlos como referencia para establecer un debate sobre la seguridad en la construcción. El profesor indicará la duración de este debate.



Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención. (BOE 31.1.1997).

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo. Disposiciones mínimas sobre la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal (EPI). (BOE 12.6.1997. Rectificado 18.7.1997).

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (BOE 23.4.1997).

Los textos legales actualizados pueden consultarse en la siguiente dirección de internet: www.mtas.es/insht/legislacion/index.htm

3 Recoger diversas noticias en las que aparezcan algún accidente o incidente laboral en el mundo de la construcción, con el fin de identificar los riesgos y la ausencia de medidas preventivas.

Propuesta: Los alumnos se dividirán en grupos y recogerán noticias (periódicos, revistas, internet) sobre incidentes o accidentes laborales en el área de la construcción. El alumnado deberá examinar esta información y sacar conclusiones sobre la causa o causas que han provocado el suceso y, al mismo tiempo, plantear cómo se podían haber evitado proponiendo las medidas preventivas oportunas, tanto colectivas como individuales.

Todos los ejercicios pueden resolverse a partir de la discusión en grupo y de los comentarios de los alumnos.

4 Identificar diversos vehículos presentes en una obra de construcción y elaborar un pequeño documento informativo sobre las medidas básicas de seguridad que se deberían tener en cuenta al utilizarlos.

Propuesta: La clase se dividirá en grupos y cada uno de ellos se encargará de elegir un vehículo de carga (grúas, carretillas, camiones, etc.) o de excavación (retroexcavadora, pala cargadora, bulldozer, etc.) de los que se utilizan normalmente en los trabajos de construcción. A continuación, buscarán información sobre estos vehículos, teniendo en cuenta sus características y para qué y cómo se usan. Una vez los grupos dispongan de estos datos, se expondrá en clase la función que desempeña cada vehículo, los riesgos que implica su mani-

pulación y las medidas preventivas que deben tenerse en cuenta para evitar cualquier tipo de incidente o accidente laboral.

5 Realizar una campaña de información y de sensibilización sobre la importancia de utilizar los Equipos de Protección Individual (EPI) en el trabajo cuando existan riesgos laborales que no se hayan podido evitar con medidas de seguridad colectiva.

Propuesta: Se dividirá la clase en grupos de 3 a 4 personas y cada grupo elaborará un cartel informativo sobre la necesidad de usar los EPI en los trabajos de construcción. En dicho mural deberá haber un dibujo y una frase significativa sobre la importancia de utilizar los EPI, con la finalidad de sensibilizar a los trabajadores hacia el uso de los equipos de protección individual. Igualmente, se destacará la importancia de utilizarlos correctamente y de mantenerlos en buen estado de conservación.

6 Analizar cuál es el estado de seguridad en el que se encuentra la obra de construcción del Caso expuesto y proponer algunas medidas correctoras en el supuesto de que sea necesario.

Propuesta: Los alumnos se dividirán en grupos y analizarán el estado de seguridad de la obra que se presenta en el Caso Práctico, decidiendo si es correcto o no. En el caso de que sea negativo, se propondrán una serie de medidas correctoras para mejorar la seguridad de la obra. Finalmente, los grupos informarán al resto de los compañeros de los datos obtenidos y de cuáles han sido las medidas que han determinado, debatiéndolas entre todos con el fin de llegar a una conclusión común.

LEGISLACIÓN

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (BOE 10.11.1995) y sus posteriores modificaciones.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (BOE 7.8.1997).

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (BOE 23.4.1997).

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización en las obras de construcción. (BOE 25.10.1997).

Ley 38/1999, de 5 de noviembre. Ordenación de la Edificación. (BOE 6.11.1999).