

Evaluación de metodologías de desarrollo de entornos virtuales

Yadira Arguelles Blanco

yarguelles@ismm.edu.cu

José L. Montero O'farill

jmontero@ismm.edu.cu

Lourdes García Pujadas

lgarcia@ismm.edu.cu

Yennis Avila Torres

Universidad de Moa

Katiuska Jiménez Roche

Filial de Ciencias Médicas de Holguín (Cuba)

Resumen: Se caracterizaron las propuestas metodológicas para el desarrollo de entornos virtuales de Kaur, Celentano y Pittarello, Fencott y UP4VED (*Unified Process for Virtual Environment Development*), teniendo en cuenta las actividades que realizan en las fases de desarrollo de software: análisis, diseño, implementación y pruebas. A partir del resultado de su análisis y el uso de buenas prácticas de la ingeniería de software, se propusieron un conjunto de lineamientos que se deben tener presente a la hora de seleccionar una metodología para el desarrollo de entornos virtuales. A través de ellos se evaluaron las propuestas planteadas, con la finalidad de conocer en qué medida podrán garantizar el desarrollo adecuado del EV. La aplicación de los lineamientos para la evaluación de metodologías de desarrollo de entornos virtuales permite determinar cuáles son las actividades fundamentales que se deben realizar en este proceso, lo que contribuye con el aumento de la calidad del producto y la satisfacción del cliente que lo vaya a utilizar.

Palabras clave: metodología de desarrollo de entornos virtuales; fases de desarrollo de software; lineamientos de evaluación de metodologías.

Recibido: 12 diciembre 2020/ Aceptado: 5 abril 2021.

Evaluation of virtual environment development methodologies

Abstract: Methodological proposals for the development of virtual environments of Kaur, Celentano and Pittarello, Fencott and UP4VED (Unified Process for Virtual Environment Development) were characterized, taking into account the activities they carry out in the software development phases: Analysis, Design, Implementation and Testing. Based on the outcome of their analysis and the use of good software engineering practices, a set of guidelines were proposed that should be taken into account when selecting a methodology for the development of virtual environments. Through them, the proposals put forward were evaluated, in order to know the extent to which they can ensure the proper development of the EV. The application of guidelines for the evaluation of virtual environment development methodologies allows to determine what are the fundamental activities to be carried out in this process, contributes to the increase in the quality of the product and the customer satisfaction that will use it.

Keywords: virtual environment development methodology; software development phases; methodologies evaluation guidelines.

Introducción

Los sistemas de entorno virtual en tercera dimensión (EV3D) se han convertido en una herramienta que favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje. Poseen múltiples potencialidades como es el caso de la interactividad, considerada la más destacable según Eseryel, Guo & Law (2012). Para que la interacción sea efectiva y atractiva es necesario tener en cuenta que la navegación dentro del entorno sea comprensible para el usuario, con una correcta visualización de la información y el aspecto de la interfaz, valorar su posibilidad de comunicarse, interactuar y colaborar con los demás. Otra característica que destacan son: la sensación de inmersión que ofrece esta tecnología (Olasoji & Henderson-Begg, 2010), frente a otras plataformas utilizadas también en educación, y la motivación, debido al elevado número de estímulos sensoriales (visuales, auditivos y táctiles) y a la percepción del entorno como similar a la realidad (Wilson & Bedwell, 2009).

Los planes de estudios universitarios en su mayoría procuran que los estudiantes tengan periodos de entrenamientos directos a la producción o servicio relacionados con su especialidad, sin embargo, en la mayoría de los casos, su etapa de preparación antes de enfrentarse a la práctica es muy limitada y no llegan a ser expuestos a situaciones reales comunes a su praxis profesional.

Al hacer uso de entornos virtuales en 3D se puede familiarizar mejor a los futuros profesionales con un número mayor de situaciones relacionadas con su especialidad y se incrementan habilidades como: la capacidad de análisis, creatividad, seguridad, efectividad en la toma de decisiones, entre otras.

En la Universidad de Moa, se ha desarrollado este tipo de sistema con la intención de favorecer el aprendizaje de los estudiantes y sus habilidades profesionales. Es el ejemplo del entorno virtual en 3D Tambores de Secaderos, donde se presenta una simulación dinámica del flujo tecnológico de los tambores de secadero de la empresa niquelífera Comandante Ernesto Che Guevara y, además, permite realizar el balance térmico y de masa durante el secado del mineral (Faez & García, 2014).

Para la construcción de este tipo de sistema han surgido diferentes propuestas metodológicas con el objetivo de guiar su proceso de desarrollo, sin embargo, Cardona (2010) plantea que la mayoría no son lo suficientemente completas para los

desarrolladores de un sistema de entorno virtual (EV) debido a que no incorporan técnicas y herramientas de la ingeniería del software que permitan capturar y gestionar todas las necesidades de modelado para este tipo aplicaciones. Esta situación trae consigo que se dificulte adaptar en su totalidad cualquiera de estas propuestas para el desarrollo adecuado de un EV3D.

Establecer elementos que le permitan a los desarrolladores saber cuál es la metodología más adecuada para el desarrollo de entornos virtuales les permite trabajar de forma organizada, ahorro de tiempo de investigación de las distintas metodologías de desarrollo para determinar qué elementos pueden usar de cada una de ellas y lo más importante, lograr un producto de calidad que cumpla con la expectativa de sus futuros usuarios. El objetivo de la presente investigación es plantear un conjunto de lineamientos que se deben tener en cuenta a la hora de emplear una metodología para el desarrollo de un EV3D.

Materiales y métodos

Uno de los aspectos más importantes a considerar en la construcción de un EV es lo relacionado con su modelado, que además de mantener las consideraciones de cualquier otro tipo de desarrollo software, requiere de otras que permitan generar un EV donde el usuario pueda obtener una verdadera experiencia 3D: modelado geométrico, modelado cinemático, modelado físico, modelado del comportamiento (comportamiento inteligente) y modelado de la interacción (Cardona, 2010).

Hay que tener en cuenta que existe una gran diferencia en el desarrollo de aplicaciones de software tradicional y el desarrollo de entornos virtuales (EVs); los EVs suelen ser multimedia, incorporando representaciones 3D, texto, sonido 3D, imágenes, animaciones, videos y periféricos de Realidad virtual que mejoran la sensación de inmersión (Pedroza, 2009).

Metodologías de desarrollo de entornos virtuales

Para la creación de un producto de software se necesita formalizar una serie de pasos que se ajusten a la actividad que se va a desarrollar y perfil del usuario que va a interactuar. De esta manera surge la metodología, la cual se puede entender como el conjunto de etapas que se siguen dentro de cualquier investigación de carácter

científico como son: planificación, diseño, implementación y prueba (Marcano, Rosalba & Hernández, 2009).

Se caracterizaron algunas de las metodologías que han surgido para la creación de entornos virtuales, investigando los elementos generales y primordiales para su desarrollo y funcionamiento. Fueron seleccionadas las propuestas metodológicas de Kaur (1997), Celentano y Pitarrello (2001), Fencott (2005) y UP4VED.

Las dos primeras propuestas enfatizan fundamentalmente en la evaluación de las características de rendimiento del hardware y en la integración y participación del usuario final para garantizar la usabilidad del producto. Las dos últimas tienen en cuenta el uso de buenas prácticas de la ingeniería del software como reutilización de componentes, uso de herramientas de modelado y requisitos de apariencia e interfaz externa.

Propuesta de Kaur

Kaur (1997) describe un estudio basado en entrevistas con diez diseñadores de tres organizaciones diferentes del Reino Unido, como representantes de la pequeña población de diseñadores de entornos virtuales (EVs).

El estudio revela que los diseñadores crean y prueban de forma iterativa, pero que rara vez llevan a cabo tests con usuarios. A raíz de esta primera investigación, y como parte de su trabajo doctoral, propone una redefinición del proceso de desarrollo que haga más énfasis en un diseño previo a la creación del mundo virtual, un diseño que tenga en cuenta los factores humanos, buscando de este modo mayores garantías de que el producto final sea usable.

Kaur explica que las etapas de desarrollo fueron definidas usando conocimiento del proceso de diseño del EV -recogido en su estudio anterior-, y etapas de actividad comunes en métodos de desarrollo de sistemas, como el análisis de tareas o el diseño de presentación. Las siete etapas definidas son:

1. Definir requisitos
2. Especificar componentes en el EV
3. Especificar interacciones
4. Diseñar componentes
5. Diseñar interacciones

6. Crear el entorno
7. Evaluar el entorno.

Describe 46 guías concretas de diseño a partir de otras tantas propiedades generales de diseño (*Generalized Design Properties* o GDPs, inferidas de teoría de la interacción) que cubren aspectos como la tarea del usuario, espacio, puntos de vista, representación del usuario, objetos, comportamiento del sistema, acciones y feedback.

Propuesta de Celentano y Pittarello

En la propuesta de Celentano & Pittarello (2001) se describe un ciclo de diseño de interacción 3D en el que se da mayor protagonismo a los expertos en el dominio, redefiniendo el significado de autor e introduciendo el rol de meta-autor.

El ciclo de diseño consta de las siguientes cuatro fases:

1. Fase conceptual
2. Fase de implementación
3. Fase de desarrollo del contenido
4. Fase de interacción del usuario final.

La primera fase se caracteriza por la identificación del contenido y los requisitos de interacción. En una segunda fase, el diseñador de interfaces crea la interfaz de usuario final y la interfaz para el autor en base a los esquemas obtenidos en la etapa anterior. En la tercera fase el trabajo de los autores es complementado por el escritor o el artista de gráficos 2d (editores), el creador de modelos 3D y el creador de mundos virtuales. En una cuarta fase el usuario final puede interactuar con los contenidos del mundo 3D resultado de la composición del autor, a través de la interfaz implementada por el diseñador de interfaces. La interacción del usuario final es monitorizada buscando mejorar tanto la usabilidad de la interfaz como la efectividad en la comunicación del contenido.

Metodología de diseño para EVs según Fencott

La metodología propuesta por Fencott (2005) se basa en la práctica de diseño de EVs observada por Kaur en su primera investigación y que resumió en cinco etapas.

Fencott redefine el proceso de diseño de EVs basándose en su percepción como una tensión entre la estética y el diseño ingenieril. En este sentido, Fencott opina que si bien la ingeniería del software no puede ayudarnos con el modelado de esa percepción, sí puede hacerlo con el modelado estructural. La metodología de diseño que propone Fencott consta de cinco fases, que son:

1. Modelado de los requisitos
2. Modelado conceptual
3. Modelado de la estructura
4. Modelado de la percepción
5. Construcción.

Indica Fencott que el modelado de los requisitos se asemeja al concepto que se tiene en la ingeniería del software. Los tres pasos siguientes no son una sucesión estricta, sino que el modelado de la estructura comienza en paralelo al modelado conceptual, y seguiría también en paralelo al modelado de la percepción. El modelado conceptual se trata de la actividad de estudio común a muchos proyectos de diseño, pero en especial aquellos con un componente estético.

En la fase de modelado de la estructura se empieza tomando decisiones acerca de las dimensiones, y se construyen planos y diagramas y es aquí donde, según explica Fencott, puede incorporarse la práctica de la ingeniería del software, haciendo uso por ejemplo del lenguaje UML.

El objetivo de esta fase es modelar la experiencia que se pretende que tenga el usuario del EV. Para ello, Fencott propone utilizar en esta fase mapas de percepción (*Perceptual Maps*) para asegurar que el orden en el tiempo de las atenciones y actividades del usuario en el EV es el adecuado. Fencott & Isdale (2001) proponen, además, lo que denominan la estética Church-Murray de la RV, a partir de estudios previos en medios digitales y juegos de ordenador, y que persigue proporcionar una perspectiva de lo que es exactamente necesario diseñar cuando se crean EVs.

La última fase de esta metodología es la construcción, y que Fencott describe como el proceso de utilizar herramientas para la codificación del grafo de la escena y del propio código del programa, ya sea con Java/VRML, VRToolkit, etc.

UP4VED

Esta metodología busca mostrar soluciones a algunos inconvenientes que se han mostrado en la finalización de un proceso de desarrollo de un EV, tales como falta de flexibilidad, sistemas monolíticos, arquitectura poco robusta, falta de documentación y baja reutilización de sus componentes.

UP4VED posee un proceso unificado como modelo base, lo cual hace que subsane algunas carencias para el EV con la incorporación de mecanismos que permiten: gestionar la interdisciplinariedad de los miembros del equipo de desarrollo, reutilizar componentes propios de los EVs, mejorar la comunicación entre participantes del desarrollo, capturar y gestionar adecuadamente los requisitos de la interfaz gráfica 3D y finalmente modelar adecuadamente un EV.

Esta metodología ha especificado roles, tareas, productos de trabajo y flujos de proceso que permiten cubrir los mecanismos mencionados anteriormente; gestionando así de forma adecuada cada uno de los requisitos que se les asocia.

UP4VED es una metodología que integra la visión de ingeniería de software para el desarrollo de EVs y las consideraciones de modelado específicas para este tipo de sistemas, incorporando buenas prácticas para el desarrollo de software (Acosta, 2010).

Resultados y discusión

Para el análisis de las propuestas se enmarcan sus correspondientes actividades dentro de las fases de desarrollo de software: análisis, diseño, implementación y prueba, con el objetivo de comprobar en qué medida transitan por el ciclo completo de desarrollo.

Análisis de la propuesta de Kaur

La redefinición dada por Kaur plantea que la creación de un mundo virtual debe partir en primer lugar de una definición de requisitos y luego de un buen diseño. Para dar soporte al desarrollo del EV propone una serie de guías para las etapas de desarrollo que ayuda al diseñador a especificar las propiedades de diseño general en su mundo virtual (Tabla 1). Con el objetivo de garantizar la usabilidad se incluye el proceso de evaluación como una etapa más del proceso para optimizar el balance entre detalle y rendimiento.

Tabla 1. Propuesta de Kaur enmarcada en las cuatro fases de un proceso de desarrollo

Requerimientos /Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de requerimientos - Especificación de los componentes - Especificación de las interacciones
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de componentes - Diseño de interacciones - Descripción de guías concretas del diseño - Evaluación del diseño por parte del usuario
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Creación del entorno
Pruebas/Despliegue	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación del entorno mediante un proceso iterativo

No obstante, las etapas definidas no describen las actividades que se realizan en cada una de ellas, como la recogida de material de referencia de los modelos del mundo real, la estructuración del modelo gráfico o la división entre los diseñadores, por lo que queda abierto a la experiencia y creatividad del diseñador.

Análisis de la propuesta de Celentano y Pittarello

En esta propuesta se tiene en cuenta desde la primera etapa la tecnología disponible y qué oportunidades ofrece, la integración del experto del dominio en la creación del contenido, y en la evaluación de la interacción del usuario con el EV. Con estos elementos se persigue que el producto final se adecue a la tecnología, cuente con el contenido correcto y que sea usable por el usuario (Tabla 2).

En ella se ponen de manifiesto los diferentes roles que intervienen en el proceso de creación del EV, especializados en las diferentes tareas que se realizan. Sin embargo, realiza mayor énfasis en la participación en el desarrollo del experto en el dominio y deja en un segundo plano la especificación de las actividades del resto del equipo de desarrollo, por lo que resultan insuficientes y lo dejan al buen hacer del equipo.

Tabla 2. Propuesta de Celentano y Pitarrello enmarcada en las cuatro fases de un proceso de desarrollo

Requerimientos /Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de contenido y los requisitos de interacción - Estudio de las tecnologías a utilizar
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de los contenidos del EV - Diseño y prototipado de la Interfaz de Usuario - Diseño y prototipado de la Interfaz de autor
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Creación del contenido del EV - Construcción de la interfaz de Usuario - Creación de los modelos en 2D y 3D - Configuración final
Pruebas/Despliegue	<ul style="list-style-type: none"> - Interacción de los usuarios con el EV - Evaluación de usabilidad de la interfaz como de la efectividad en la comunicación del contenido

Análisis de la propuesta de Fencott

Lo primero que se puede apreciar en esta propuesta es que no hay un orden lineal en la ejecución de todas las etapas, existen relaciones bidireccionales entre ellas. Otro elemento que destaca es que Fencott sitúa el papel de la ingeniería del software en dos fases: el modelado de requisitos y el de la estructura. En esta última sugiere el uso de diagramas UML en la primera etapa para después obtener el grafo de la escena. En su investigación doctoral Pascual & Masso (2015) plantean que Fencott utiliza el diagrama de casos de uso, para identificar las relaciones entre el usuario y el EV. Los diagramas de secuencia y diagramas de clases para los componentes programados y el diagrama de objetos con el fin de mostrar la estructura de nodos en el grafo de la escena (Tabla 3).

Tabla 3. Propuesta de Fencott enmarcada en las cuatro fases de un proceso de desarrollo

Requerimientos /Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de requerimientos - Definición de casos de uso - Realización del modelo conceptual
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Realización del modelo estructural - Realización del Modelo de Oportunidades de Percepción
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción del EV
Pruebas/Despliegue	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pruebas de usabilidad mediante el Modelo de Oportunidades de Percepción

Existen otros elementos, como la relación entre el grafo de la escena y los mapas de percepción y los procesos de verificación y validación en el caso de los EVs, que no están bien definidos en la propuesta.

Análisis de la propuesta

UP4VED especifica roles, tareas, productos de trabajo y flujos de proceso que permiten cubrir las actividades establecidas; gestionando así de forma adecuada cada uno de los requisitos que se les asocia.

Cabe resaltar que UP4VED reúne las necesidades particulares de modelado y los pilares del proceso unificado, por lo que se puede afirmar que contempla prácticas de la ingeniería del software aplicadas al caso específico del desarrollo de entornos virtuales (Tabla 4).

Tabla 4. Propuesta UP4VED enmarcada en las cuatro fases de un proceso de desarrollo

Requerimientos /Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de requerimientos - Definición de casos de uso y actores - Definición de requisitos de interfaz 3D y de interacción
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de la arquitectura - Diseño de la solución - Diseño y prototipo de la IU - Diseño 3D y multimedia - Revisión del diseño y arquitectura
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Estructurar el modelo de implementación - Ejecutar y evaluar pruebas de desarrollador 2D y 3D - Implementación del EV - Planificación e integración del EV - Revisión de implementación
Pruebas/Despliegue	<ul style="list-style-type: none"> - Prueba de objetos 3D y multimedia - Definición y aplicación de pruebas de usabilidad - Revisión del proceso de pruebas - Creación y ejecución de casos prueba

Se pudo apreciar que aunque todas las propuestas analizadas contemplan las cuatro fases de desarrollo, no todas detallan con precisión las actividades que se realizan, los responsables de su cumplimiento ni los artefactos que se generan, como es el caso de los tipos de modelados que se deben utilizar.

Para lograr la construcción de un EV en el tiempo establecido requiere de una metodología de desarrollo que contemple la especificación y diseño de componentes e interacción apoyados en storyboards, que guíen al programador en el proceso de implementación, además del uso de buenas prácticas de la ingeniería de software que faciliten su adecuado desarrollo y mantenimiento. Con el propósito de ofrecer una guía para la evaluación de metodologías de desarrollo de EV3D, se procede a definir un conjunto de lineamientos, a partir del análisis de las metodologías propuestas, las

fases del proceso de desarrollo y el uso de buenas prácticas de la ingeniería de software.

Lineamientos para la evaluación de metodologías orientadas al desarrollo de sistemas de EV

- Desarrollar las cuatro fases de un proceso de desarrollo:
 - Requerimientos/Análisis
 - Desarrollo
 - Implementación
 - Pruebas
- Especificar los responsables de cada tarea a desarrollar para el sistema EV (roles).
- Documentar los artefactos que se generan en cada fase. Esto sirve de punto de partida y guía para los diferentes roles que participan en el proyecto, además de que facilita la realización de correcciones a futuras versiones del producto.
- Incluir la participación del usuario final o experto en el dominio en el proceso de creación de EV.
- Determinar una comunicación efectiva dentro del equipo de desarrollo.

Fase de planificación:

- Realizar el estudio de factibilidad para determinar si es viable la creación del EV.
- Especificar los dispositivos de entrada y salida. En la metodología se deben escoger los periféricos que serán fundamentales para la interacción entre el sistema de entorno virtual y el usuario final. Especificar las características de rendimiento del hardware evita futuros problemas de usabilidad y rendimiento.
- Lograr el entendimiento de lo que se quiere lograr como producto final. Durante la etapa de análisis y especificación de requisitos se deben solucionar los problemas de entendimiento entre el equipo de desarrollo, los usuarios y otras partes implicadas.
- Definir los tipos de modelados a utilizar en el desarrollo del sistema EV. Esto con el fin de modelar la forma, el aspecto, el movimiento de los objetos, así como su comportamiento y demás características de interacción entre objetos y usuarios. Entre los tipos de modelados se deben incluir los siguientes tipos:
 - Modelado geométrico
 - Modelado cinemático
 - Modelado físico

- Modelado del comportamiento
- Modelado de la interacción
- Definir requisitos de apariencia e interfaz para garantizar la estética del producto.
- Especificar componentes.

Fase de diseño

- Creación de storyboards y bocetos como guía de desarrollo para la descripción de las animaciones y documentación del proyecto.
- Diseñar componentes.
- Uso de prototipos de interfaces de usuarios 3D y sus elementos de forma que ayude a la asimilación y entendimiento del diseño.
- Desarrollar proceso de optimización para ajustar la complejidad del mundo virtual al hardware gráfico de la plataforma.

Fase de Implementación

- Estructurar el modelo de implementación.
- Importar o reutilizar componentes.

Fase de Prueba

- Comprobar el trabajo realizado al final de cada etapa y efectuar correcciones a través de un proceso iterativo e incremental.
- Realizar validaciones de usabilidad y facilidad de uso por parte del usuario en cada fase antes de pasar a la siguiente. La información que se pierda en una fase determinada tendrá un impacto negativo al final en el sistema EV.

Como parte del estudio, se procedió a aplicar una lista de cotejo, empleando como universo de estudio, las propuestas descritas anteriormente. De cada una se confrontan las actividades que se realizan enmarcadas en las fases de desarrollo de software, con los lineamientos para la evaluación de metodologías, con la finalidad de conocer en qué medida podrán garantizar que desarrollo adecuado del EV en el tiempo planificado y que satisfaga las necesidades del usuario final (Tabla 5).

Tabla 5. Evaluación de las metodologías propuestas

Lineamientos	Valoración	Metodologías propuestas			
		Kaur	Celentano y Pitarrello	Fencott	UP4VED
Cubrir el ciclo entero de desarrollo de sistemas EV	Sí	X	X		X
	No				
	Parcialmente			X	
Especificar los responsables de cada tarea a desarrollar para el sistema EV(Roles)	Sí	X			X
	No			X	
	Parcialmente		X		
Documentación de los artefactos que se generan en cada fase	Sí				X
	No				
	Parcialmente	X	X	X	
Incluir la participación del usuario final o experto en el dominio en el proceso	Sí	X	X		X
	No			X	
	Parcialmente				
Comunicación efectiva dentro del equipo de desarrollo	Sí				X
	No			X	
	Parcialmente	X	X		
Realizar el estudio de factibilidad	Sí				
	No				
	Parcialmente	X	X	X	X
Especificar los dispositivos de entrada y salida	Sí		X		X
	No				
	Parcialmente	X		X	
Lograr el entendimiento de lo que se quiere lograr como producto final	Sí	X	X		X
	No			X	
	Parcialmente				
Definir los tipos de modelados a utilizar	Sí				X
	No		X		
	Parcialmente	X		X	
Definir requisitos de apariencia e interfaz	Sí			X	X
	No		X		
	Parcialmente	X			
Especificar y diseñar componentes	Sí	X			X
	No				
	Parcialmente		X	X	
Creación de storyboards y bocetos como guía de desarrollo para la descripción de las animaciones	Sí	X	x	X	X
	No				
	Parcialmente				
Uso de prototipos de interfaces de usuarios 3D	Sí		X		X
	No	X		X	
	Parcialmente				
Proceso de optimización para ajustar la complejidad del MV al hardware gráfico	Sí	X			X
	No		X	X	
	Parcialmente				
Estructurar el modelo de implementación	Sí				X
	No	X	X		
	Parcialmente			X	
Importar o reutilizar componentes	Sí				X
	No	X	X	X	
	Parcialmente				

Pruebas al final de cada etapa a través de un proceso iterativo e incremental	Sí	X			X
	No			X	
	Parcialmente		X		
Realizar validaciones de usabilidad y facilidad de uso por parte del usuario	Sí	X	X		X
	No				
	Parcialmente			X	

Teniendo en cuenta estos lineamientos se puede afirmar que las metodologías analizadas cubren las fases de desarrollo (análisis, diseño, implementación, pruebas) pero no se realizan estudios de factibilidad para comprobar la viabilidad del proceso. En su mayoría se adaptan al modelo de proceso iterativo e incremental, pero es insuficiente la implementación de pruebas que validen los artefactos diseño y demás características del mundo construido, lo que puede generar errores que se arrastren hasta la implementación y no cumplir con las necesidades del cliente. Se preocupan por el usuario y la usabilidad del producto, aunque la participación del propio usuario en el proceso es escasa. Otro elemento que destaca es que no se detallan con claridad las actividades de programación que guíen al programador en la creación del EV, ni tampoco los tipos de modelados que se deben usar.

A pesar de lo planteado, las metodologías estudiadas tienen en común muchas de las actividades que se requieren para el desarrollo de este tipo de producto y están cerca de los que se espera de una metodología de desarrollo para EV.

Conclusiones

Se puede constatar que un EV posee características específicas, como es el caso de objetos y gráficos 3D. Para lograr su construcción en el tiempo establecido requiere de una metodología de desarrollo que contemple la especificación y diseño de componentes e interacción apoyados en storyboards que guíen al programador en el proceso de implementación, además del uso de buenas prácticas de la ingeniería de software que faciliten su adecuado desarrollo y mantenimiento.

Por estas razones se proponen un conjunto de lineamientos que se deben tener presente a la hora de seleccionar una metodología o proceso de desarrollo para entornos virtuales 3D. A través de ellos se evalúan las metodologías analizadas para determinar los elementos favorables y las insuficiencias a la hora de desarrollar un entorno virtual dentro de las etapas genéricas de desarrollo de software: análisis, diseño, implementación y pruebas.

La aplicación de los lineamientos para la evaluación de metodologías de desarrollo de entornos virtuales permite determinar cuáles son las actividades fundamentales que se deben realizar en este proceso y contribuye con el aumento de la calidad del producto y la satisfacción del cliente que lo vaya a emplear.

Referencias bibliográficas

ACOSTA, M. E. 2010. Desarrollo de un Gestor Metodológico para asistir a la construcción de Entornos Virtuales. Universidad Autónoma de Occidente. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10614/1436>

CARDONA, J. D. 2010. UP4VED Método de Desarrollo basado en el Proceso Unificado y en Buenas Prácticas para la Construcción de Entornos Virtuales. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55918>

CELENTANO, A. & PITTARELLO, F. 2001. Class of Experience: A High Level Approach to Support Content Experts for the International Workshop on Authoring of 3d Environments. Structured Design of Virtual Environments and 3d- Components. Web3D Conference.

ESERYEL, D.; GUO, Y. & LAW, V. 2012. Interactivity design and assessment framework for educational games to promote motivation and complex problem-solving skills. En: *Assessment in game-based learning*. Springer, New York, p. 257-285.

FAEZ, I. & GARCÍA, J. 2014. Laboratorio Virtual sobre Secaderos Rotativos en la Emp. Cmte. Ernesto Che Guevara para el análisis de los Balances térmicos y de Masas. Universidad de Moa. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2131/faez.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

FENCOTT, C. & ISDALE, J. 2001. Design Issues for Virtual Environments. International Workshop on Structured Design of Virtual Environments and 3D-Components. Web3D Conference.

FENCOTT, C. 2005. A Methodology of Design for Virtual Environments. First Int. Workshop on Methods and Tools for developing Virtual Reality Applications (MeTo-VR). 11th Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia (VSMM).

KAUR, K. 1997. Designing Virtual Environments for Usability. Consultado: 22/06/2020.

Disponible en: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-35175-9_112.pdf

MARCANO, Y.; ROSALBA, T. & HERNÁNDEZ, M. 2009. Construcción de entornos virtuales inteligentes: propuesta metodológica. *Multiciencias* 9(2): 203-212. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90411687012.pdf>

OLASOJI, R. & HENDERSON-BEGG, S. 2010. Summative assessment in second life: A case study. *Journal of Virtual Worlds Research* 3(3).

PASCUAL, J. & MASSO, M. 2015. Un enfoque estructurado para el desarrollo de interfaces de usuario 3d. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=seErB79%2FU%2FQ%3D>

PEDROZA, S. 2009. Desarrollo de Entornos Virtuales: Migración de RUP a OPENUP (Número December). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1983/T0003656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

WILSON, K. & BEDWELL, W. 2009. Relationships between game attributes and learning outcomes. *Simulation & Gaming*, 217-266. Consultado: 22/06/2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/247740146_Relationships_Between_Game_Attributes_and_Learning_Outcomes_Review_and_Research_Proposal