

CONTART 2016. La Convención de la Edificación
20 - 22 de abril de 2016; Granada (Spain): Colegio Oficial de Aparejadores y
Arquitectos Técnicos de Granada. Consejo General de la Arquitectura Técnica
de España, p.755-765

RECONSTRUCCIÓN 3D ACCIDENTES LABORALES EN LA CONSTRUCCIÓN: EXPERIENCIAS Y PERSPECTIVAS

LÓPEZ, CARMELO¹; AGUSTÍN, LUIS²; FERNÁNDEZ, ANGÉLICA²;
AURÍA, J. MANUEL¹; TARDÍO, ENRIQUE¹

Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza,

1: Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación,

2: Unidad Predepartamental de Arquitectura.

e-mail: melopez@unizar.es, web: https://eina.unizar.es

Palabras clave: reconstrucción accidentes laborales 3D; animación por computador; humanos virtuales; serious games.

RESUMEN

Este trabajo recoge las directrices sobre las que se han establecido en el desarrollo de las dos ediciones del Diploma Universitario en Técnicas 3D para la Reconstrucción de Accidentes Laborales impartido por la Universidad de Zaragoza durante los cursos 2013-14 y 2014-15. Se trata de una iniciativa orientada a la formación universitaria no presencial en tecnologías 3D relacionadas con la animación por computador de eventos en los que intervienen personas, equipos de construcción y escenarios reales implicados en un accidente laboral. Han participado como alumnos, más de medio centenar de Arquitecto Técnico y Responsables en Seguridad Laboral. La comunicación expone la tecnología aplicada en la reconstrucción del accidente. También se analiza la problemática que representa el uso de tecnologías para la animación en 3D, en evolución constante, para el técnico o responsable de la seguridad laboral en la construcción y la metodología didáctica adoptada.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad investigadora de nuestro equipo en el campo de las tecnologías del actor virtual, se ha prolongado durante los últimos quince años [1][2]. Durante esa dilatada etapa, se han acometido diversos proyectos para la producción de interfaces de usuario mediante presentadores virtuales para medios de comunicación tanto en Internet [3] como

en televisión [4]. También se han realizado acciones para la formación en esas disciplinas orientadas a universitarios [5] y profesionales. Al margen de los antecedentes citados, el origen formal de esta comunicación se encuentra en dos trabajos publicados entre 2006 y 2008 [6][7] resultado de otros tantos proyectos de ingeniería inversa sobre reconstrucción de accidentes laborales mediante técnicas asistidas por ordenador no convencionales en el contexto de la ingeniería o arquitectura, ambas en el sector de la construcción. Fruto de la experiencia de los trabajos citados, durante el curso académico 2013-2014 se puso en marcha la primera edición del “Diploma de Especialización Universitario en Técnicas 3D para la Reconstrucción de Accidentes Laborales” y que se se ha reeditado en el presente curso académico, 2015-16.

La comunicación se ha organizado en cuatro apartados: el primero, describe el contexto de las tecnologías que pueden emplear en la reconstrucción de eventos con seres humanos virtuales y las que se han seleccionado para que un especialista en seguridad laboral del sector de la construcción acometa dicha tarea. El segundo revisa la estructura operativa a seguir para reconstruir un accidente con las tecnologías elegidas, que es la que ha definido las materias del Diploma. El tercer apartado expone las características académicas de la solución formativa. El último apartado expone las conclusiones, resultados y experiencias propiamente dichas.

2. CONTEXTO TÉCNICO

El empleo de humanos virtuales para simular condiciones de trabajo o eventos como la reconstrucción de accidente o entrenamiento en condiciones extremas de riesgo, es una tecnología emergente y en muchas ocasiones en proceso experimental, de prospección tecnológica o para unos casos muy específicos con interés comercial (“llaves en mano”) [8]. Otro sector en que se encuentra una notoria implantación tecnológica es la recreación de entornos sanitarios y aplicaciones médicas [9][10]. Existen desarrollos específicos y con gran afinidad de objetivos para recrear accidentes de tráfico [11] o análisis forense en reconstrucciones de escenas para criminología [12]

Al margen de lo anterior se puede destacar cuatro tecnologías transversales con interés para la reconstrucción de eventos con seres humanos en el sector de la construcción:

- *Los entornos inversivos de realidad virtual*: Basados originariamente en el uso de un hardware [13] y un software específico [14], la realidad virtual es una tecnología ya consolidada que se está adaptando al público en general gracias a la aparición de dispositivos de bajo coste [15]. El software diseñado para este tipo de aplicaciones permiten realizar recorridos, por ejemplo, por las zonas de una edificación en primera persona con un nivel de detalle elevado y calidad de visualización foto realista.
- *Serious games*: La utilización de aplicaciones de autor (“motores”) para el desarrollo de videojuegos y la proliferación de los periféricos de comunicación inteligentes ha creado un recurso de ocio que tiende a trascender para ser utilizado como herramienta de aprendizaje o formación. Existen aplicaciones de entrenamiento en temas de seguridad laboral similares juegos de computador basados en guiones visuales e interacciones con objetos de escena.[16][17]
- *Software para diseño 3D arquitectónico*: Las prestaciones de los programas de diseño asistido por computador disponen de prestaciones cada vez más sofisticadas de

visualización e interacción con el usuario [18]. Muchos de ellos permiten realizar animaciones y/o recorridos por el edificio recreado condiciones lumínicas diversas. La construcción de escenarios complejos mediante toma de fotografías o videos para el levantamiento de mallas tridimensionales precisas (fotogrametría) es otro tipo de aplicaciones que se encuadran dentro este apartado.

- *Software para la animación de actores virtuales*: Esta tecnología ha sido objeto de la mayor parte de trabajos anteriores. Se recomienda consultar alguna de nuestras referencias anteriores que incluye el diseño y desarrollo de actores para comercialización en la red.[01] o para producción de noticias.[04]

En nuestros trabajos de reconstrucción se ha optado por la adopción de los dos últimos tipos de tecnologías. Se usan varias aplicaciones comerciales y se procede a integrarlas para reconstruir una escena tridimensional en la que interaccionan objetos y actores virtuales animados. Con ella se elaborará el material audiovisual susceptible de ser usado como documentación relevante sobre accidente. Esta operativa en la que intervienen varias aplicaciones de software comercial concatenadas, recibe el nombre de trabajo en "pipeline". Es la más habitual en las productoras audiovisuales de contenidos digitales. Por otro lado, es la única viable a la hora de abordar la extensa variedad de casos que pueden presentarse racionalizando costes y sopesando las dificultades de instalación, formación y mantenimiento.

3. ETAPAS DE LA RECONSTRUCCIÓN 3D

Tras revisión anterior referimos a continuación algunos de los principios en los que se apoya la metodología de reconstrucción seguida en nuestros trabajos.

3.1 DETERMINACIÓN DEL OBJETIVO DE LA RECONSTRUCCIÓN 3D

Entendemos que una reconstrucción de un accidente en 3D consiste en una recreación visual de un evento en el que intervienen seres humanos con el objeto de facilitar la interpretación de lo acaecido, proporcionar un soporte optimizado para su documentación visual o realizar estudio de las hipótesis que se puedan formular para explicarlo. Cualquier otro objetivo debe de quedar claro de antemano ya que el volumen de trabajo a ejecutar durante el proceso de reconstrucción depende de ello. En el caso analizado en la referencia [7] se trataba de una reconstrucción de análisis de alternativas viables por lo que hubo que elaborar varios guiones. El producto visual a generar podrá ser utilizado como argumento documental o expositivo en sesión pública. El formato de la producción audiovisual, el nivel de interacción que se desea obtener y el soporte de reproducción también deben de quedar establecidos de antemano.

3.2 RECEPCIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA RECONSTRUCCIÓN

Para iniciar la reconstrucción se debe disponer de un informe técnico elaborado por un especialista en la materia con el consiguiente trabajo de campo, documentación de

los equipos e instalaciones implicadas e informes sobre las condiciones de contorno. También es necesario establecer un guión de acontecimientos o eventos con la información adicional que sea necesaria. La Tabla 1 muestra una lista de comprobación que ha sido elaborada en función de las necesidades que conllevan los ulteriores trabajos de reconstrucción y en base a la experiencia con los casos referidos.

3.3 RECONSTRUCCIÓN

3.3.1 *Modelado 3D de escenarios de accidentes*

El escenario esta formado por el conjunto de elementos estáticos que intervienen en la escena o que reproducen de las condiciones de contorno del accidente, por ejemplo la iluminación u otras condiciones ambientales. Para reconstruirlo se debe emplear software CAD orientado al diseño arquitectónico con capacidad de confeccionar modelos tridimensionales partiendo de la medición “in situ” o de los planos e información gráfica disponible. Una de las características esenciales de del software es su conectividad, entendida como la posibilidad para incorporar objetos y modelos CAD elaborados mediante otras aplicaciones o programas (maquinaria, suministros, equipos, etc.). Para simplificar en algunos casos o obtener mediciones de formas complejas o irregulares, se debe utilizar un segundo software de medición/digitalización mediante la adquisición de fotografías (Fotogrametría). Esta tecnología permite completar la descripción de la escena con detalles específicos relativos al aspecto y color de materiales relacionados con el evento analizado. con texturas de calidad fotográfica. En la digitalización de escenarios debe primar la sencillez operativa para la triangulación espacial y calibración del sistema de medición, generando modelos 3D con mallas geométricas de densidad variable. Hay que trabajar con formatos de imagen estándar proporcionados por cámaras digitales de resolución media o alta, incluidos los de alta densidad dinámica (HDRI). Una vez reconstruido el escenario hay que exportar los modelos de las construcciones en archivos que puedan ser interpretados por las aplicaciones de animación necesarias para reconstruir el accidente.

3.3.2 *Definición de los actores virtuales y mecanismos*

Pretende configurar el trabajador(es) accidentado(s) y aquellos elementos, máquinas o accesorios que se han visto implicados de forma directa. La inclusión de seres humanos en proyectos de esta índole conlleva la intervención de software especializado en la representación y animación actores virtuales. Esta herramienta debe recrear a la anatomía (antropometría) y otro tipo de condiciones de contorno (vestuario por ejemplo).

Los actores virtuales son modelos tridimensionales basados en mallas poligonales de distinta resolución articulados mediante huesos jerarquizados ajustados a patrones anatómicos. Permiten definir constituciones y detalles orgánicos mediante técnicas diversas de deformación de la malla [19]. Otra información fisiológica que pueden representar es el género, estado muscular o los cabellos. Los mecanismos o la maquinaria son modelos tridimensionales basados en mallas poligonales ge-

neralmente confeccionados con un CAD mecánico. Se debe reproducir o simular su comportamiento cinemático en las condiciones operativas del accidente. Lo más sencillo es utilizar diferentes tipos de uniones mecánicas y reconstruir los grados de libertad del sistema.

3.3.3. Animación (*Coreografía del evento*).

Una de las técnicas de animación más habituales es la generación del movimiento mediante fotogramas clave. Esta basada en la definición de hitos en los que se modifican propiedades (posición, rotación, etc.) con edición de parámetros mediante interpolaciones entre los valores inicial y final mediante curvas. Este procedimiento se puede complementar utilizando un motor de análisis dinámico en el que se recreen propiedades como colisiones entre objetos, masa, amortiguación-plasticidad o el rozamiento. Esos motores pueden simular acciones externas como la fuerza de la gravedad o acciones o pares de fuerzas. [20]. También se puede simular el comportamiento de objetos elásticos o deformables como los telas o recubrimientos.[21]

La animación de seres humanos puede ser realizada en primera instancia, mediante técnicas de fotogramas clave gracias a las articulaciones mediante esqueletos de sus mallas [22] usando cinemática inversa o directa o incluso estableciendo conductas muy útiles para hacerlos caminar [23]. En la actualidad la forma más eficaz de reconstruir el movimiento de un ser humano es mediante sistema de captura de movimientos (MOCAP) [24][25]. Es una tecnología que conlleva la intervención de hardware especial pero que también esté en proceso de popularización.

3.4 GESTIÓN DOCUMENTAL Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Entendiendo que el proceso de reconstrucción reúne una cantidad de información heterogénea, hay que organizar la información en bibliotecas para clasificar los elementos que intervienen (personajes, mecanismos, movimientos, lugares, etc) y facilitar su localización durante el proyecto o en proyectos ulteriores. Estas bibliotecas son en sí mismo documentos que pueden ser utilizados para presentar resultados parciales de la reconstrucción o información relevante en caso de reconstrucciones sencillas[26].

El producto final de la reconstrucción es un videoclip. Es conveniente analizar la técnica de render más conveniente para la interpretación del siniestro. Los métodos más avanzados utilizan imágenes fotorrealistas que permitan evaluar condiciones de iluminación y las características ópticas de los materiales. Esta circunstancia aumenta considerablemente los tiempos de producción 3D por el cálculo que suponen. Para su presentación final se puede usar cualquier otro software que edite videos en formato digital y pueda realizar operaciones de post-proceso (filtros, sonido, incorporación de títulos y grafías complementarias) para elaborar presentaciones publicas. Se debe remarcar en este punto que la técnica trasciende a los conocimientos requeridos para dirigir una producción audiovisual.

4. LA PROPUESTA FORMATIVA

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El Diploma Universitario de Especialización en Técnicas 3D para la Reconstrucción de Accidentes Laborales pretende formar en cada una de las técnicas y aplicaciones referidas en el apartado anterior. Los contenidos y la cronología académica se ajustan a la metodología de reconstrucción en él expuesta. Consta de 31 créditos ECTS de carga lectiva que se cursan en un semestre. Está estructurado en ocho asignaturas de 3 a 6 créditos. El alumno desarrolla la actividad académica desde su localidad y en su puesto de trabajo. Debe utilizar un ordenador personal con una configuración estándar y conexión a Internet. El material didáctico, las tutorías o cualquier otro recurso se presenta, coordina y gestiona a través de la plataforma MOODLE de la Universidad de Zaragoza [28]. Adicionalmente se desarrollan cinco reuniones de puesta en común -tutorías que se realizan en Madrid o en la EINA-UNIZAR (acto de clausura o inaugural). Durante el Diploma los alumnos utilizan versiones demostrativas o académicas de todo el software dado al carácter no presencial del estudio.

4.2 RESULTADOS PRIMERA EDICIÓN

La primera edición se llevó a cabo durante el semestre de primavera del curso académico 2013-14 y contó con la colaboración de la Subdirección General para la Coordinación en Materia de Relaciones Laborales, Prevención de Riesgos Laborales y Medidas de Igualdad, del Ministerio de Empleo y Seguridad Social. La sede de las reuniones en Madrid fue la Escuela de Inspección de Trabajo y Seguridad Social del MEYSS. Participaron 21 alumnos. El perfil profesional era el de inspectores de trabajo y responsables de seguridad laboral en empresas de gran tamaño.

Las figuras 1 a 4 muestran algunas de las reconstrucciones ejecutadas como trabajos de asignatura.

4.3 SEGUNDA EDICIÓN.

Se está llevando a cabo durante el semestre de otoño de este curso académico, 2015-16. Están matriculados 31 alumnos y cuenta con la colaboración del Consejo General de Arquitectura Técnica de España. Un 90% de los mismos son arquitectos técnicos. El curso está activo en las fechas de redacción de este artículo. No se pueden presentar resultados dado que el curso está vigente y no se han realizado las evaluaciones preceptivas tanto de los alumnos como del profesorado. En la segunda edición se han modificado algunos contenidos en función de la experiencia obtenida desde la primera y se han actualizado las versiones de algunas de las herramientas 3D utilizadas, que es una situación común cuando se utilizan aplicaciones comerciales.

5. CONCLUSIONES

Se ha diseñado y evaluado una metodología que integra diferentes tecnologías 3D existentes y accesibles, que puede ser utilizada por especialistas y técnicos en seguridad laboral para reconstruir eventos reales en los que intervienen seres humanos en entornos relacionados con la construcción.

Se ha confeccionado un protocolo para el análisis de la documentación de partida de un evento acorde a los requerimientos y posibilidades de la tecnología implicada en la reconstrucción 3D. Ese protocolo permite analizar y consideraciones sobre el evento que son de análisis complejo mediante los métodos convencionales de documentación de los siniestros.

Se ha elaborado material didáctico para más de treinta técnicas parciales que pueden extrapolarse a casos concretos e integrarse dentro de un proceso de reconstrucción complejo. Esto ha supuesto más de 35 horas de producción audiovisual didáctica en software 3D.

Los contenidos y conocimientos han sido testados dentro de un contexto Universitario bajo un sistema formativo no presencial. La primera promoción concluyo de forma satisfactoria con el plan de estudios. Los mecanismos de calidad han detectado algunos desajustes en el plan de estudios que han sido corregidos en la segunda edición.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]: López, C.; Royo, E.; De Francisco, J.C.; “*Elaboración de personajes 3D para su difusión en Internet*” XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Santander (España).2002. Includo en los Anales de Ingeniería Gráfica del 2002.
- [2]: López C.; Valero, C.; “*Desarrollo sostenible de personajes sintéticos 3D*”. XII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Valladolid (España).2000.
- [3]: López, C.; De Francisco, J.C.; Royo, E.; “*Desarrollo de un Presentador Sintético para WWW*” XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Badajoz (España).2001.
- [4]: López, C.; Hernández de Tierra, A.; Cebollada, F.; Yoldi, V.; “*Aprovechamiento de los actores virtuales 3D en la difusión de noticias dinámicas*” XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Barcelona (España).2006.
- [5]: López, C.; Royo, E.; Oliveros, M.J.; Yoldi, V.: “*Experiencias en la formación Universitaria sobre las tecnologías y aplicaciones del actor virtual*”. XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Zaragoza (España).Junio 2004
- [6]: Cebollada,F.; López, C. ;García, C.: “*Simulación Dinámica 3D de Riesgos Laborales para análisis de accidentes de Trabajo*”, XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Barcelona (España).Junio 2006.
- [7]: López, C.; Marín, J.; Cebollada, F.; Huertas, J.L.: “*Simulación de accidentes laborales mediante síntesis de movimiento con humanos virtuales*” XII Congreso de Ingeniería de Proyectos, Zaragoza 2008.
- [8]: Coopin D.: “*Video game technology transforms operator training*” Fecha de publicación 01/12/2013 en <http://www.hydrocarbonprocessing.com/>
- [9]: Esta empresa está especializada en la animación 3D para recrear elementos anatómicos o escenarios 3D de tipo médico. <http://www.infusemed.com/technical-services/games-and-simulation-development/>
- [10]: Kleinert, R.; Wahba, R.;Chang, D. “*3D Immersive Patient Simulators and Their Impact on Learning Success: A Thematic Review.*” Fecha de publication 08/04/2015 en el Journal of Medical Internet Research . <http://www.jmir.org/2015/4/e91/>

- [11]: *Virtual Crash* es un software comercial para la reconstrucción de accidentes de tráfico con una extensa biblioteca de modelos de vehículos en 3D que utiliza análisis dinámico de trayectorias. Incorpora un motor de cálculo para la simulación del comportamiento del sólido rígido. <http://www.vcrash3.com/page.php?lang=8&id=1>
- [12]: *FARO HD CSI* es una aplicación para la recreación de eventos para criminología forense y entrenamiento policial: <http://www.aras360.com/products/software/aras360-csi.html>
- [13]: *Forklift Simulator*: Simulador con realidad virtual específico para el entrenamiento de conductores de carretillas elevadoras. Enlace: <http://www.simlog.com/personal-forklift.html>
- [14] Schulze, P.J.; Hughes C.; Zhang, L.; otros: "CaveCAD: A Tool for Architectural Design in Immersive Virtual Environments", The International Society for Optical Engineering (Proceedings of SPIE). ISSN 0277-786X. Fecha de publicación: 01/2014; DOI:10.1117/12.2041175
- [15]: Brouchoud, J.: "New Oculus Rift App: Safety Training and Trade Show Exhibit with SketchUp-to-Unity Development Pipeline". Publicado en el Blog ARCH VIRTUAL en 19/08/2014: <http://archvirtual.com/2014/08/19/new-oculus-rift-app-safety-training-trade-show-exhibit-atlas-engineering/#.VICzMoRXZfx>:
- [16]: *Drilling Simulator*: Simulador de operaciones de perforación minera aplicado para aprender la operativa y los requerimientos de seguridad. Enlace: <http://drillingsimulator.com/#features>
- [17]: *Forklift Simulator*: Simulador con realidad virtual específico para el entrenamiento de conductores de carretillas elevadoras. Enlace: <http://www.simlog.com/personal-forklift.html>
- [18]: Agustín, L.: "Hacia el Proyecto Digital/Towards the Digital Project". Publicado en EGA por la Universidad Politécnica de Valencia. EISSN: 2254-6103 ISSN: 1133-6137
- [19]: Lee, W.; Jin G.; Magnenat-Thalmann, N.: "Generating Animatable 3D Virtual Humans from Photographs" MIRALab, CUI, University of Geneva. Article first published online: 24 DEC 2001 DOI: 10.1111/1467-8659.00392
- [20]: Baraff, D.: "Fast contact force computation for nonpenetrating rigid bodies". Proceedings of SIGGRAPH '94 (Orlando, Florida, July 24–29, 1994), ACM Press, A. Glassner, Ed., Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, 23–34. ISBN 0-89791-667-0. DOI: 10.1145/192161.192168.
- [21]: Volino, P.; Magnenat Thalmann, N.; Jianhua, S.; Thalmann D.: "An evolving system for simulating clothes on virtual actors" Computer Graphics and Applications, vol. 16, no. 5, pp. 42-51, Sept., 1996. DOI: 10.1109/38.536274
- [22]: Wiley, D.J.; Hahn, J.K.: "Interpolation synthesis of articulated figure motion". Computer Graphics and Applications, IEEE Volume 17, Issue 6, Nov/Dec 1997 Page(s):39-45 DOI:10.1109/38.626968
- [23]: Thalmann, T.; Monzani, J.S.: "Behavioural Animation of Virtual Humans: What Kind of Laws and Rules". Proceedings of Computer Animation 06/19/2002 - 06/21/2002 Geneva, Switzerland ISBN: 0-7695-1594-0. DOI: 10.1109/CA.2002.1017522
- [24]: Gleicher, M.; Ferrier N.: "Evaluating Video-Based Motion Capture" Proceedings of Computer Animation 06/19/2002 - 06/21/2002, Geneva, Switzerland.
- [25]: Kirk James A.G.; O'Brien F.; Forsyth, D.A.: "Skeletal Parameter estimation from Optical Motion Capture data" From the proceedings of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2005
- [26]: Koutsoudis, A.; Arnaoutoglou, F.; Pavlidis, G.; Tsioukas, V.; Chamzas, C.: "Process evaluation of 3D reconstruction methodologies targeted to WEB based virtual reality". XXI International CIPA Symposium, 01-06 October, Athens, Greece, 2007
- [28]: Wikipedia de Moodle: "Moodle es una aplicación web de tipo Ambiente Educativo Virtual, un sistema de gestión de cursos, de distribución libre, que ayuda a los educadores a crear comunidades de aprendizaje en línea." El enlace del Diploma es: <http://moodle2.unizar.es>
- [27]: Publicado en el Boletín Oficial de la Universidad de Zaragoza, BOUZ, el 14 de Noviembre de 2013: https://zaguan.unizar.es/record/13839/files/BOUZ_10_13_2013.pdf

7. TABLAS E IMÁGENES

Tabla 1: Lista de comprobación en la documentación previa a la reconstrucción 3D de un accidente laboral. Se corresponde con un caso real.

Elementos:	Información disponible:	Dato:	Observaciones:
Información entorno accidente	Plano/croquis dimensional de la edificación, estancia, zona	Sí	Sin dimensiones
	Plano/croquis dimensional instalaciones/equipos estáticos	Si	Sin dimensiones
	Fotografías para digitalización 3D	No	Innecesaria
	Fotografías complementarias o de detalle	Sí	
	Catálogos técnicos	No	Necesarios
	Fotografías para entorno iluminación	No	Innecesaria
	Layout ubicación items a reconstruir eventos	Sí	
Equipos y maquinarias móviles	Planos/croquis del equipo/maquina	No	Imprescindible
	Catálogo de operación, funcionamiento, mantenimiento	No	Necesaria
	Hoja de especificaciones operaciones durante siniestro.	Sí	
	Fotografías para digitalización 3D	No	Innecesaria
	Fotografías complementarias o de detalle	Sí	Estatus maquinaria final
	Layout ubicación/operaciones /movimientos de maquinaria	Sí	
Trabajador/es	Información antropométrica.	No	Neecesaria
	Relación vestuario.	No	Se ignora la relevancia
	Layout ubicación, operaciones y de posturas relevantes (comienzo, final, operaciones intermedias realizados)	No	Imprescindible
	Fotografías complementarias o de detalle	No	Innecesaria
	Fotografías para digitalización 3D	No	Innecesaria
	Catálogo de elementos de vestuario	No	Se ignora relevancia
Otras condiciones	Cronología acontecimientos, Timming	No	Necesario para realizar el presupuesto
	Descripción condiciones ambientales	No	Iluminación?
	Guión o storyboard	No	Prescindible

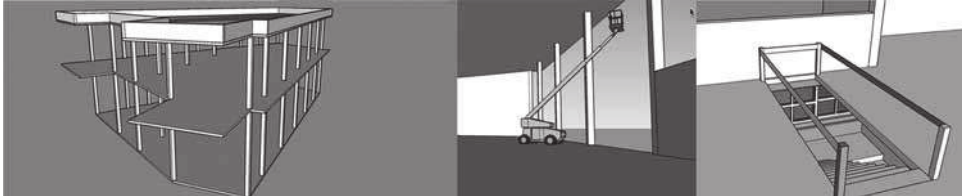


Figura 1. Reconstrucción 3D un escenario de un accidente utilizando un croquis a pie de obra.
AUTOR: José Luis Morillo Velázquez (primera promoción Diploma)

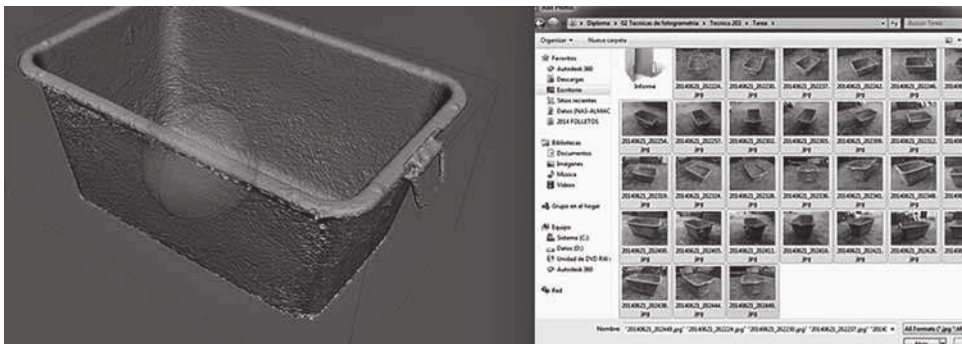


Figura 2: Reconstrucción de un objeto en 3D utilizando la técnica del digitalizado mediante fotografías. AUTOR: Félix Antonio Garrido Rodríguez (primera promoción Diploma)

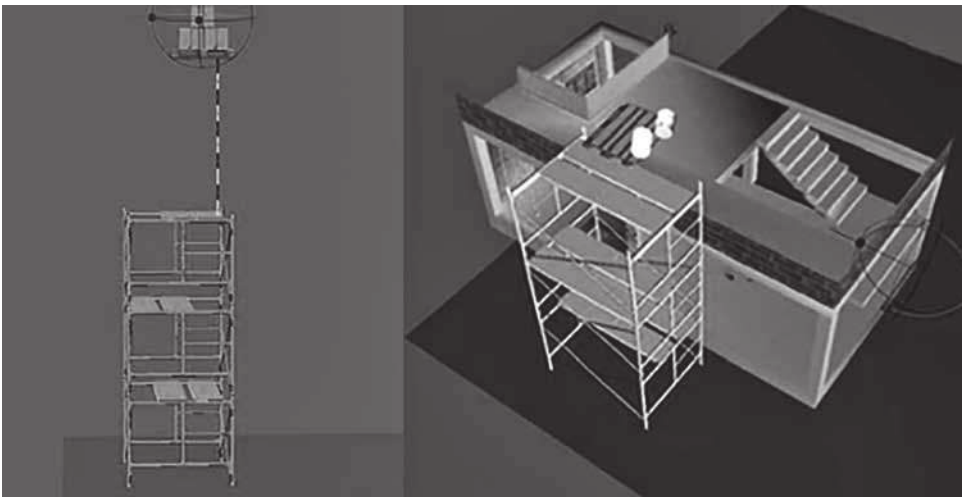


Figura 3: Simulación de caída de pallet con objetos. Había que desarrollar una escena de accidente en la que aparece un andamio de tres módulos de altura con plataformas sencillas alternas a todas las alturas. Todas sus barras eran objetos susceptibles de coreografía. AUTOR: F. José Martínez Montesinos (primera promoción Diploma)

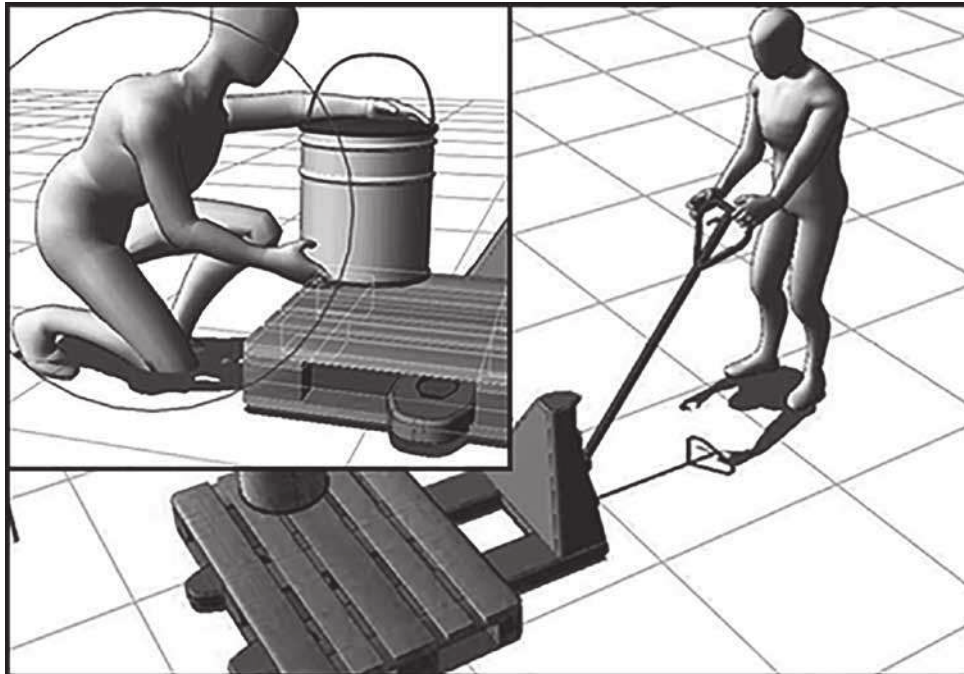


Figura 4. Desarrollo de posturas de trabajo usando un actor virtual y unos elementos de obra para realizar una animación por fotogramas clave. AUTOR: F José María Castillo López (primera promoción Diploma)