



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

LA ENSEÑANZA DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA MEDIANTE LA
VISUALIZACIÓN DE MODELOS TRIDIMENSIONALES

TESIS DOCTORAL

DIRECTORES: Dr. D. Francisco de Paula Montes Tubío

Dra. Dña. Elidia Beatriz Blázquez Parra

AUTOR: D. Francisco Javier Ayala Álvarez

Córdoba, 2.017

TITULO: *LA ENSEÑANZA DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA MEDIANTE LA VISUALIZACIÓN DE MODELOS TRIDIMENSIONALES*

AUTOR: *Francisco Javier Ayala Álvarez*

© Edita: UCOPress. 2017
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es



TÍTULO DE LA TESIS: La enseñanza de la Expresión Gráfica mediante la visualización de modelos tridimensionales

DOCTORANDO: Francisco Javier Ayala Álvarez

INFORME RAZONADO DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Dr. D. FRANCISCO DE PAULA MONTES TUBÍO, Catedrático de la Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Gráfica y Geomática, y Dra. Dña. ELIDIA BEATRIZ BLAZQUEZ PARRA, Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos de la Universidad de Málaga, informan:

Que la Tesis Doctoral titulada “*La enseñanza de la Expresión Gráfica, mediante la visualización de modelos tridimensionales*”, de la cual es autor **D. Francisco Javier Ayala Álvarez**, ha sido realizada bajo nuestra dirección durante los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

Que la presente tesis plantea una amplia relación del estado del arte relacionado con la temática de la tesis.

Que se ha programado y planificado la investigación produciendo materiales originales y siguiendo una metodología adecuada al análisis pretendido.

Que se ha llevado a cabo la experiencia recopilando todos los datos con el rigor requerido, tratando estadísticamente los mismos de una manera objetiva.

Que la tesis ha dado lugar a las publicaciones relacionadas en el apartado 1.11. Difusión de la investigación, entre las que destacan las pertenecientes a publicaciones con JCR.

Que la experiencia ha sido incluida en dos proyectos de investigación, uno de ellos a nivel nacional, relacionados en el apartado 1.12. Participación en proyectos de mejora del aprendizaje, que se centraron en la incorporación de los modelos TIC 3D en el aula.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 4 de abril de 2.017

Firma de los directores

Fdo.: Francisco de Paula Montes Tubío

Fdo.: Elidia Beatriz Blázquez Parra

“Mediante el método mecánico logré entender ciertos resultados, aunque posteriormente tuviesen que ser demostrados geoméricamente ya que la investigación mediante el método mecánico no proveía las demostraciones. Pero es mucho más fácil poder dar una demostración de una situación, después de haberla comprendido mediante el mencionado método que intentar demostrarla sin ningún conocimiento previo”.

*Arquímedes
Inventor, Físico y Matemático Griego (287-212 a.C.)*

Agradecimientos

Deseo expresar mi gratitud a las siguientes personas, las cuales han hecho posible el desarrollo y culminación del presente estudio:

A los profesores Dr. D. Francisco Montes Tubío y Dr. Dña. Elidia Beatriz Blázquez Parra, directores de esta Tesis, por su dedicación, orientación y continuas revisiones en las diversas etapas de la investigación.

A todos mis compañeros del departamento de Edificación y Obra Civil en el I.E.S. Politécnico Jesús Marín, y en especial Ismael López González, por darme total libertad en la docencia de la asignatura y a Juan Antonio Juango Asó, por animarme a utilizar la Realidad Aumentada y los modelos 3D en clase y por colaborar entregadamente en la práctica de este estudio.

A mis compañeros del departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Málaga, por proporcionarme por prestar la docencia de la asignatura a este estudio y a su colaboración en la aportación de datos.

A los estudiantes del Ciclo Formativo de Grado Superior de Proyectos de Edificación y del doble grado en Ingeniería Mecánica + Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto de la Universidad de Málaga que han formado parte en este estudio.

A los estudiantes del Máster de la Educación de la Universidad de Málaga que colaboraron en la puesta en marcha de las prácticas de todas las experiencias de innovación educativa que se han estado llevando a cabo en el I.E.S. Politécnico Jesús Marín en los últimos años.

A María Rodríguez Bailón por sus ánimos y orientación en la labor investigadora.

A todos los investigadores que a lo largo de más de un siglo han estudiado las habilidades espaciales, cuyos numerosos trabajos han aportado una gran cantidad de conocimiento en el campo del entrenamiento de las habilidades espaciales y han inspirado el presente estudio en especial a John M. Keller por permitir la utilización de su modelo en este experimento.

A toda mi familia y, en especial a Raquel, por su comprensión y apoyo.

A mi madre.

RESUMEN

El trabajo en disciplinas como la ingeniería o la arquitectura implica un gran control de las habilidades de visualización espacial, que es fundamental para la comprensión de los conceptos y para la realización de actividades asociadas a los procedimientos, es decir, los estudiantes deben ser capaces de expresar, comprender y manejar los elementos gráficos cuando están en contacto con los proyectos técnicos.

En muchas ocasiones, nos hemos encontrado con la dificultad de transmitir esos conocimientos, que son la base para adquirir las competencias profesionales propias del título. Tradicionalmente se ha recurrido a bocetos, dibujos en perspectiva, maquetas a escala, o fotografías para lograr ese objetivo; puesto que no es posible la observación directa en el aula de estos fenómenos a representar. Es por ello, por lo que los profesores tienen que incluir diferentes herramientas en clase para que los estudiantes alcancen dichas competencias.

Por esta razón, desde el curso 2012-13, se decidió utilizar en el desarrollo de las clases los modelos digitales 3D usando diferentes tecnologías (Realidad Aumentada (RA), PDF3D y SketchUp (SKP)) para intentar paliar esa dificultad en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La incorporación de los mismos se ha llevado a cabo basándose en experiencias exitosas previas realizadas en la educación superior en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura. No obstante, no se ha observado ningún enfoque similar para tratar este tema en la representación del terreno con líneas de nivel en Topografía, ni el llevar a cabo la experiencia a lo largo de todo el periodo lectivo de una materia.

Este trabajo presenta las estrategias aplicadas en dos casos de estudio. Uno de ellos en la Formación Profesional, curso de Proyectos de Edificación, en el IES Politécnico Jesús Marín de Málaga y otro en la asignatura de Expresión Gráfica en la Ingeniería de primer curso del doble grado en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto de la Universidad de Málaga.

El objetivo principal de esta investigación es mejorar las habilidades de visualización espacial de los estudiantes, incidiendo especialmente en la transmisión eficiente de conocimientos y en la participación activa del alumnado para conseguir desarrollar un nuevo sistema que permita a los estudiantes enfrentarse más exitosamente al control de la Expresión Gráfica de una manera más intuitiva, con objetos tridimensionales, más acordes con la realidad y que pueden ser manejados por ellos, en el mismo momento en el que se están realizando los ejercicios de dibujo técnico bidimensionales.

Así, se presenta una investigación experimental realizada observando la variación de la capacidad espacial y de los datos académicos del alumnado que ha formado parte del estudio. Por otro lado, se recogen varias medidas para valorar el seguimiento del curso por parte de los estudiantes, y de su motivación, según el método ARCS. Los estudiantes también evaluaron la facilidad de uso de los modelos 3D, desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo. El proceso se llevó a cabo utilizando el método Bipolar Laddering y los criterios de definición de usabilidad de las normas ISO, buscando determinar la preferencia, por parte del alumnado, entre los distintos medios 3D establecidos a su alcance para la comprensión de la materia dada.

Los resultados apoyan la hipótesis de partida, demostrando una buena acogida por parte del alumnado y una actitud positiva de los estudiantes respecto de los modelos 3D utilizados, consiguiendo mayor rapidez de respuesta respecto de su capacidad de visualización espacial, un mayor nivel de motivación, una mayor asistencia a clases prácticas, una mayor tasa de trabajo práctico entregado y un menor porcentaje de abandonos. También son positivas las valoraciones de usabilidad de los mismos.

Palabras Clave — Realidad aumentada, Educación en ingeniería, Adquisición de conocimientos, Modelado, Visualización, Mejora de la enseñanza en el aula.

ABSTRACT

Work in disciplines such as engineering or architecture involves a great deal of control over spatial visualization skills, which is fundamental for understanding concepts and for carrying out activities associated with the relevant procedures. In other words, students must be able to understand and manage graphic elements when they are in contact with technical projects.

On many occasions, some degree of difficulty is encountered when attempting to transmit this knowledge, which is problematic, given that the latter forms the basis for acquiring the professional skills that are demanded by the discipline. Traditionally, sketches, drawings in perspective, scale models, or photographs have been used to achieve this goal, since it is not possible to directly observe these phenomena in the classroom. For this reason teachers need to include a range of tools in the learning environment in order for students to master the necessary skills.

In order to address the problems inherent in acquiring this information, and to explore novel ways of enhancing the teaching/learning process, 3D digital models using different technologies (Augmented Reality (AR), PDF3D and SketchUp (SKP)) were utilised in the development of the classes on a course during the 2012-2013 academic year..

The incorporation of 3D models was based on previous successful experiences in higher education in similar fields of engineering and architecture. To our knowledge, on the one hand this is the first attempt at managing 3D digital models for the representation of terrain with contours in topography and on the other hand, we have carried out a learning experience with 3D models throughout the course of an entire academic year instead of isolated experiences.

This paper presents the strategies applied in two case studies. One of these cases was studied in a Vocational Training program on a Construction Projects Course, in the Polytechnic Secondary School of Malaga, whilst the other focused on the first year subject known as "Graphic expression in Engineering", which is part of the dual degree in Mechanical Engineering and Industrial Design Engineering and Product Development at the University of Malaga, Spain.

The aim was to improve the students' spatial visualization skills, with special emphasis on the efficient transmission of knowledge and active participation of the students. In particular, we set out to develop a new system that allows students to more successfully deal with the control of graphic expression in a more intuitive way, using three-dimensional objects that are more in line with reality and which can be handled at the same time as performing two-dimensional technical drawing exercises.

In order to achieve these goals, an experiment is presented in which data were gathered regarding differences in the spatial ability and academic results of the students who took part in the study. In addition, several measures were taken to assess and monitor the activity and motivation of the students during the course in accord with the ARCS method. The students also evaluated the ease with which the 3D models could be used from both a quantitative and qualitative point of view. The process was conducted using the Bipolar Laddering method and by adopting the criteria of usability as defined by ISO standards, with the goal of determining the students' preferred 3D models from the range of those available.

The data collected support our hypothesis. The results thus demonstrate strong acceptance of the models used, with the students showing a positive attitude towards the 3D models and demonstrating more rapid responding when given tasks that require spatial visualization abilities. Moreover, they displayed a higher level of motivation, an increased attendance to practical classes, a higher rate of practical work delivered, and a lower percentage of dropouts. The usability ratings were also positive.

Keywords — Augmented reality, Engineering education, Knowledge acquisition, Modeling, Visualization, Improving classroom teaching.

Índice General

1.	Introducción	3
1.1.	Justificación	3
1.2.	Propuesta educativa	4
1.3.	Contexto de la tesis	6
1.4.	Objetivos	6
1.5.	Hipótesis	7
1.6.	Metodología	9
1.7.	Plan de trabajo.....	10
1.8.	Límites de la investigación.....	12
1.9.	Estructura de la tesis	13
1.10.	Contribuciones de esta tesis.....	15
1.11.	Difusión de la investigación	15
1.12.	Participación en proyectos de mejora del aprendizaje	18
2.	Marco Teórico	23
2.1.	Los modelos 3D en el aprendizaje	23
2.1.1.	Modelos tridimensionales tangibles digitales.....	23
2.2.	Realidad Aumentada	30
2.3.	Capacidad espacial.....	37
2.4.	Capacidad espacial, modelos 3D y aprendizajes asociados.....	39
2.4.1.	Matemáticas.....	40
2.4.2.	Biología	41
2.4.3.	Química	41
2.4.4.	Ingeniería	42
2.4.5.	Ingeniería mecánica y diseño	46
2.4.6.	Bellas artes	49
2.4.7.	Arquitectura.....	49
2.4.8.	Ingeniería de edificación	50
2.4.9.	Ingeniería civil	51
2.4.10.	Hidráulica	51
2.4.11.	Geografía	52
2.4.12.	Ciencias de la tierra y geología	53
2.4.13.	Ciencias del Deporte.....	54
2.4.14.	Topografía.....	54
2.4.15.	Resumen.....	57
2.5.	Taxonomía de Bloom.....	58

2.6.	Método motivacional ARCS.....	59
2.7.	Método Bipolar Laddering BLA.....	63
2.8.	Usabilidad	64
3.	Diseño e implementación de modelos 3D	69
3.1.	Hardware y Software necesario	69
3.2.	Elementos auxiliares.....	70
3.3.	Material didáctico “aumentado”	72
3.4.	Preparación de los Modelos 3D	73
3.4.1.	Modelos PDF3D	74
3.4.2.	Modelos en Realidad Aumentada fija.....	74
3.4.3.	Modelos en Realidad Aumentada móvil	74
3.5.	Diferencias entre los modelos 3D utilizados.....	76
3.5.1.	Estética general de los modelos.....	78
3.6.	Agrupamientos y espacios.....	80
3.7.	Formación con tecnologías 3D.....	81
3.8.	Incorporación de los modelos 3D a clase.....	82
3.8.1.	Explicación magistral	82
3.8.2.	Ejercicios de los alumnos	85
3.9.	Modificaciones de los programas de uso	86
4.	Caso de Estudio nº1	91
4.1.	Introducción	91
4.2.	Contexto de aplicación del estudio.....	91
4.3.	Problemática observada.....	91
4.4.	Objetivos y preguntas de investigación	92
4.5.	Metodología	93
4.5.1.	Diseño del experimento	93
4.5.2.	Participantes	95
4.5.3.	Procedimiento de actuación	95
4.5.4.	Temporalización y Temas tratados.....	96
4.5.5.	Procedimiento en clase	97
4.5.6.	Recursos materiales	99
4.5.7.	Instrumentos de medida	100
4.6.	Resultados	102
4.7.	Resultados previos	103
4.7.1.	Caracterización del Perfil tecnológico de los alumnos.....	105
4.7.2.	Predisposición ante el uso de los modelos 3D.....	112
4.7.3.	Características académicas previas.....	113
4.8.	Primera pregunta de investigación	118

4.9.	Segunda pregunta de investigación	118
4.10.	Tercera pregunta de investigación. Bipolar Laddering	119
4.11.	Cuarta pregunta de investigación	121
4.11.1.	Usabilidad	122
4.11.2.	Comparativa entre métodos.....	125
4.12.	Quinta pregunta de investigación	130
4.12.1.	Preferencia entre las tres herramientas.....	132
4.13.	Observaciones en clase en el tratamiento de sordos.....	136
5.	Caso de Estudio nº2	141
5.1.	Introducción	141
5.2.	Análisis DAFO.....	141
5.2.1.	Estrategias	142
5.3.	Problemática observada	145
5.4.	Objetivos y preguntas de investigación	146
5.5.	Metodología	146
5.5.1.	Diseño del experimento	146
5.5.2.	Participantes	148
5.5.3.	Procedimiento de actuación.....	148
5.5.4.	Temporalización.....	149
5.5.5.	Puesta en práctica en clase y temas tratados.....	151
5.5.6.	Medios técnicos	152
5.5.7.	Recursos materiales	153
5.5.8.	Instrumentos de medida	156
5.6.	Resultados	158
5.7.	Resultados previos	159
5.8.	Primera pregunta de investigación	175
5.9.	Segunda pregunta de investigación	178
5.9.1.	Notas Prácticas	178
5.9.2.	Examen final	183
5.9.3.	Notas de la asignatura	187
5.10.	Tercera pregunta de investigación	188
5.10.1.	Asistencia a Prácticas.....	188
5.10.2.	Asistencia al examen final	190
5.10.3.	Registros de las carpetas de prácticas.....	191
5.10.4.	Motivación de los estudiantes, método ARCS.....	192
5.10.5.	Escalas parciales	196
5.10.6.	Descomposición de componentes	196
5.10.7.	Relación entre los factores IMMS	199

5.11.	Cuarta pregunta de investigación	200
5.11.1.	Método Bipolar Laddering, BLA.....	200
5.11.2.	Método tradicional 2D vs 3D.....	203
5.11.3.	Usabilidad	203
5.11.4.	Comparativa entre métodos	207
5.12.	Quinta pregunta de investigación	215
5.12.1.	Evaluación general de los Modelos 3D	215
5.12.2.	Comparativa de las tres herramientas.....	217
5.12.3.	Comparativas entre todos los recursos usados	221
5.12.4.	Comparativa entre temas	223
6.	Conclusiones y Futuras líneas de trabajo	227
6.1.	Introducción	227
6.2.	Conclusiones en el caso de estudio nº1 FP	227
6.2.1.	Perfil del alumnado. Pruebas iniciales previas, Q0	228
6.2.2.	Percepción de la visualización espacial. Q1	229
6.2.3.	Resultados académicos. Q2.....	229
6.2.4.	Incorporación de los Modelos 3D. BLA-laddering. Q3	229
6.2.5.	Usabilidad. ISO. Q4	229
6.2.6.	Beneficios y Carencias a resaltar. Q5	231
6.3.	Conclusiones en el caso de estudio nº2 UMA.....	232
6.3.1.	Pruebas iniciales previas. Q0	232
6.3.2.	Mejora de la capacidad de visualización espacial. Q1.....	233
6.3.3.	Resultados académicos. Q2.....	234
6.3.4.	Motivación. ARCS. Q3.....	235
6.3.5.	Valoración de uso, Q4	239
6.3.6.	Beneficios y Carencias a resaltar. Q5	242
6.4.	Generalización de los TIC 3D.....	244
6.5.	Futuros trabajos.....	247
Anexo 1	Guía de uso de los programas Aumentaty	269
Anexo 2	Marcadores.....	270
Anexo 3	Guía de uso de Adobe Acrobat 9 Pro Extended	271
Anexo 4	Guía Visualización de modelos 3D en SketchUp.....	272
Anexo 5	Guía de Visualización de modelos 3D. RA de escritorio.....	273
Anexo 6	Guía de Visualización de modelos 3D con RA móvil	274
Anexo 7	Cuestionario FP Perfil del Alumnado.....	275
Anexo 8	Cuestionario FP Pruebas de nivel A Pre Experiencia	279
Anexo 9	Cuestionario FP Pruebas de nivel B Post Experiencia	291
Anexo 10	Cuestionario FP BLA-Laddering.....	303

Anexo 11	Cuestionario FP Usabilidad	304
Anexo 12	Valoración general del uso de los Modelos 3D en FP.....	306
Anexo 13	Cuestionario UMA Perfil del Alumnado	308
Anexo 14	Cuestionario UMA DAT-5 SR NIVEL 2.....	311
Anexo 15	Cuestionario UMA Cuestionario ARCS	314
Anexo 16	Cuestionario UMA BLA-Laddering.....	315
Anexo 17	Cuestionario UMA Usabilidad.....	316
Anexo 18	Valoración general del uso de los Modelos 3D en UMA	318
Anexo 19	Prácticas FP.....	320
Anexo 20	Prácticas Expresión Gráfica en UMA	324
Anexo 21	Obtención de modelos 3D de terrenos.....	328

Índice de figuras

Fig. 1 SketchUp, RA and PDF3D, clase expositiva	4
Fig. 2 Modelos 3D realizando ejercicios en clase.....	4
Fig. 3 Ejemplo SketchUp.....	5
Fig. 4 Ejemplo Realidad Aumentada	5
Fig. 5 Ejemplo PDF3D	5
Fig. 6 Aspectos que influyen en la presente Tesis Doctoral.....	6
Fig. 7 Divulgación del trabajo.....	16
Fig. 8 Blog del Dto. Edificación y Obra Civil	17
Fig. 9 Blog del Proyecto Gutenberg3D	17
Fig. 10 Grabación del reportaje de Andalucía Directo	18
Fig. 11 Especial La opinión de Málaga 17/02/2016.....	19
Fig. 12 La Vanguardia 05/02/2016.....	19
Fig. 13 La opinión de Málaga 06/02/2016.....	19
Fig. 14 Delegación de Educación en Málaga 05/02/2016	19
Fig. 15 Cono de aprendizaje de Edgar Dale [30].....	24
Fig. 16 Milgram-Virtuality Continuum [70].....	30
Fig. 17 Milgram-Virtuality Continuum [71].....	30
Fig. 18 Funcionamiento de Realidad Aumentada con marcadores [78].....	33
Fig. 19 Uso de la Realidad Aumentada	33
Fig. 20 Mental Rotations Test MRT [1]	38
Fig. 21 Purdue Spatial Visualization Test: Rotations (PSVT:R) [1]	38
Fig. 22 Ejemplo de pregunta en el Topographic Map Assessment test (TMA) [121]	39
Fig. 23 Construcciones geométricas con Construct3D para Matemáticas [147].....	41
Fig. 24 Modelos moleculares de para Biología [156].....	41
Fig. 25 Modelos para química, junto con croquis 2D [161].....	42
Fig. 26 (a) Manual Sorby; (b) y (c) Programa Universidad de Pennsylvania; (d) Juego interactivo de S. Crown; (e) y (f) Multiview Drawing de la Universidad de Purdue; (g) Isometric Drawing Tool; (h) Taller de Visión Espacial; (i) Mesa de visión espacial [132]	43
Fig. 27 Modelos físicos y de SketchUp [132].....	44
Fig. 28 Descripción de ejercicios del libro AR-Dehaes [177].....	45
Fig. 29 Uso del móvil para manipular los marcadores fiduciales [180]	46
Fig. 30 Ejemplos de visualización de modelos con RA [181]	46
Fig. 31 Ejercicios con modelos físicos, con RA y con tablets [183].....	46
Fig. 32 Modelos físicos para el apoyo del aprendizaje [169].....	46
Fig. 33 Visualización de elementos mecánicos con RA [186]	47

Fig. 34 RA en ingeniería Electromecánica. Modelos y marcadores [187].....	47
Fig. 35 Realidad Aumentada de Escritorio y Realidad Aumentada Móvil [189].....	48
Fig. 36 Ejemplos usados con tecnologías de RA y de PDF3D [191].....	48
Fig. 37 Ejemplo de aplicación utilizando RA y hologramas [192].....	48
Fig. 38 Web3D y RA para apoyar a la educación en la ingeniería [193].....	49
Fig. 39 RA en el grado de Arquitectura [199] [200].....	49
Fig. 40 Diseño de modelos de madera y de RA para el estudio del diseño urbano [209].....	50
Fig. 41 Modelos físicos y SketchUp [210].....	51
Fig. 42 Modelos 4D [212].....	51
Fig. 43 Plano topográfico y maqueta usada en la enseñanza del riego [219].....	51
Fig. 44 Representación gráfica y modelo en un ejemplo usado en hidráulica [220].....	52
Fig. 45 Geografía para personas ciegas [221].....	52
Fig. 46 Visualización con RA en Geografía [223].....	52
Fig. 47 Visualización geográfica del terreno [225].....	53
Fig. 48 Logística militar [226].....	53
Fig. 49 Caja de arena en Geología [228].....	53
Fig. 50 Geología con SketchUp en Geología [229].....	53
Fig. 51 Caja de arena para la explicación de fenómenos geológicos [232].....	53
Fig. 52 Representación 3D del terreno usado en Geología con fieldVis [235].....	54
Fig. 53 Mapa geológico. Visualización en planta y usando un modelo virtual 3D [236].....	54
Fig. 54 Modelos de terreno con cajas de arena [243] [247] [248].....	55
Fig. 55 Modelos del terreno realizados con SIG [249].....	55
Fig. 56 Modelos de madera e impresión 3D [252].....	56
Fig. 57 RAM con smartphone [252].....	56
Fig. 58 RAM con tablet [253].....	56
Fig. 59 Modelos 3D Autodesk 123 Make [254].....	56
Fig. 60 La Taxonomía de Bloom y la Taxonomía Revisada de Bloom [257].....	58
Fig. 61 Componentes de la Motivación.....	61
Fig. 62 Componentes de la Usabilidad.....	65
Fig. 63 Interfaz de Aumentaty© author.....	69
Fig. 64 Interfaz de Aumentaty© viewer.....	69
Fig. 65 Movimiento de tierras, PDF 3D.....	70
Fig. 66 Detalle Movimiento de tierras.....	70
Fig. 67 Marcadores fiduciales en RA.....	71
Fig. 68 RA sobre plantilla de marcadores.....	71
Fig. 69 Marcadores usados en RA distintas versiones del programa.....	71

Fig. 70 Hoja de trabajo y marcador.....	72
Fig. 71 Pasos a seguir en los ejercicios.....	72
Fig. 72 Preparación y obtención de los modelos digitales.....	73
Fig. 73 Exportación en Aumentaty© Author a Viewer para móviles.....	75
Fig. 74 Elemento compartido.....	75
Fig. 75 Elemento descargado.....	75
Fig. 76 App Aumentaty© Viewer. Android/iOS.....	75
Fig. 77 Comienzo Aumentaty© Viewer.....	75
Fig. 78 Marcadores por defecto, Android.....	76
Fig. 79 Marcadores por defecto, iOS.....	76
Fig. 80 Usando la RA móvil en clase.....	80
Fig. 81 Usando los modelos 3D con RA en clase.....	80
Fig. 82 Archivos facilitados a los alumnos por la plataforma.....	81
Fig. 83 Interfaz SketchUp.....	81
Fig. 84 Interfaz Adobe pro 9.....	81
Fig. 85 Interfaz Aumentaty viewer.....	81
Fig. 86 Modelo 3D en RA con móvil y en PC.....	82
Fig. 87 Terreno real en RA.....	82
Fig. 88 Vistas con modelos 3D en clase.....	83
Fig. 89 RA en PC y SketchUp.....	83
Fig. 90 Explicación en clase con RA y PDF 3D.....	84
Fig. 91 Ejercicio perspectiva.....	84
Fig. 92 Trabajo con perspectiva en clase.....	84
Fig. 93 RA en PC en actividades.....	84
Fig. 94 Cubierta RA y solución en Autocad.....	85
Fig. 95 Terrenos.....	85
Fig. 96 Evolución de los marcadores por cambio de versión.....	87
Fig. 97 Uso de modelos 3D de RA en clase.....	92
Fig. 98 Uso de modelos PDF3D en clase.....	92
Fig. 99 Fases del modelo teórico de valoración de la adquisición de conocimiento.....	93
Fig. 100 Movimiento de tierras, proyección en RA.....	95
Fig. 101 Movimiento de tierras en PDF3D.....	95
Fig. 102 Uso de RA por alumno con terrenos.....	98
Fig. 103 Terreno, PDF3D junto con Autocad.....	98
Fig. 104 Parcela a tratar en 3D. Topográfico actual.....	98
Fig. 105 Comunicación con los alumnos.....	100

Fig. 106	Uso de las TICs alumnado FP	106
Fig. 107	Experiencia temporal en el uso de las TICs alumnado FP	107
Fig. 108	Experiencia en el uso del PC/portátil y frecuencia GX alumnado FP	107
Fig. 109	Nivel del Software usado alumnado FP	108
Fig. 110	Uso diario de las TICs alumnado FP	109
Fig. 111	Opciones usadas en el móvil alumnado FP	110
Fig. 112	Dispositivo para conexión a internet alumnado FP	110
Fig. 113	Lugar y frecuencia de conexión a internet alumnado FP	111
Fig. 114	Visualización de modelos 3D alumnado FP	113
Fig. 115	Dominio previo de las habilidades en Matemáticas alumnado FP	114
Fig. 116	Expresión Gráfica alumnado FP	116
Fig. 117	Perfil académico alumnado FP	117
Fig. 118	Diagrama del perfil académico alumnado FP por grupos	117
Fig. 119	Notas de la prueba de nivel FP	119
Fig. 120	Calificaciones de la prueba de nivel en FP (PRE-POST)	119
Fig. 121	Usabilidad modelos 3D en FP	123
Fig. 122	Usabilidad del Método tridimensional en FP	124
Fig. 123	Usabilidad de los modelos 3D en FP	124
Fig. 124	Métodos para explicar en clase en FP	125
Fig. 125	Métodos para comprender la clase en FP	126
Fig. 126	Papel vs Digital en FP	127
Fig. 127	Con o sin Modelos 3D en FP	128
Fig. 128	Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos en FP	128
Fig. 129	Valoración aceptación general de los modelos 3D en FP	131
Fig. 130	Representación aceptación general herramientas de visualización en FP	131
Fig. 131	Valoración particular de SKP en FP	132
Fig. 132	Valoración particular de RAF en FP	133
Fig. 133	Valoración particular de PDF3D en FP	134
Fig. 134	Datos de la percepción de las herramientas de visualización en FP	135
Fig. 135	Puntuación percepción herramientas de visualización FP	135
Fig. 136	Uso de la RA con alumnos sordos	137
Fig. 137	Uso de PDF3D con alumnos sordos	137
Fig. 138	Documentación disponible en el campus virtual	153
Fig. 139	Guía de utilización para la visualización en SketchUp, véase Anexo 4	154
Fig. 140	Guía de utilización para uso de Realidad Aumentada fija, véase Anexo 5	154
Fig. 141	Guía de utilización para uso de Realidad Aumentada móvil, véase Anexo 6	155

Fig. 142 Uso de las TICs GC alumnado UMA	162
Fig. 143 Uso de las TICs GX alumnado UMA	162
Fig. 144 Experiencia temporal en el uso de las TICs GC alumnado UMA.....	163
Fig. 145 Experiencia temporal en el uso de las TICs GX alumnado UMA.....	163
Fig. 146 Experiencia en el uso del PC/portátil y frecuencia GC alumnado UMA.....	164
Fig. 147 Experiencia en el uso del PC/portátil y frecuencia GX alumnado UMA	164
Fig. 148 Nivel del Software usado GC alumnado UMA.....	165
Fig. 149 Nivel del Software usado GX alumnado UMA	165
Fig. 150 Uso diario de las TICs GC alumnado UMA	166
Fig. 151 Uso diario de las TICs GX alumnado UMA	166
Fig. 152 Opciones usadas en el móvil GC alumnado UMA.....	167
Fig. 153 Opciones usadas en el móvil GX alumnado UMA.....	167
Fig. 154 Dispositivo para conexión a internet GC alumnado UMA.....	168
Fig. 155 Dispositivo para conexión a internet GX alumnado UMA.....	168
Fig. 156 Lugar y frecuencia de conexión a internet GC alumnado UMA	169
Fig. 157 Lugar y frecuencia de conexión a internet GX alumnado UMA.....	169
Fig. 158 Visualización de modelos 3D GC y GX alumnado UMA	170
Fig. 159 Expresión Gráfica vs Matemáticas GC alumnado UMA.....	172
Fig. 160 Expresión Gráfica vs Matemáticas GX alumnado UMA	172
Fig. 161 Perfil académico GC y GX alumnado UMA	173
Fig. 162 Diagrama del perfil académico alumnado UMA ambos grupos	174
Fig. 163 Notas de la prueba DAT-5 SR Nivel 2	176
Fig. 164 Tiempo en realizar la prueba DAT-5 SR Nivel 2.....	176
Fig. 165 Distribución de la cantidad de prácticas entregadas	179
Fig. 166 Cantidad de prácticas entregadas por grupos.....	179
Fig. 167 Evolución temporal de las notas de las prácticas.....	180
Fig. 168 Distribución de la nota media de prácticas	181
Fig. 169 Comparativa de los aprobados/suspensos en prácticas	182
Fig. 170 Comparativa de la nota de prácticas	182
Fig. 171 Distribución de Calificaciones del examen final.....	184
Fig. 172 Distribución de Calificaciones de la Calificación final.....	184
Fig. 173 Comparativa de aprobados/suspensos en Examen final y en la Nota final	185
Fig. 174 Comparativa de las Calificaciones en Examen final y en la Nota final.....	186
Fig. 175 Comparativa de los aprobados/suspensos en prácticas	186
Fig. 176 Asistencia a Clase de Prácticas.....	189
Fig. 177 Asistencia total a clase de prácticas	189

Fig. 178 Distribución de la asistencia total a clase de prácticas	190
Fig. 179 Asistencia al Examen Final.....	191
Fig. 180 Registro de Carpetas en el Campus.....	192
Fig. 181 Distribución Motivación ARCS ambos grupos.....	194
Fig. 182 ARCS Clasificación ambos grupos.....	195
Fig. 183 Valores obtenidos en ítem escala IMMS de ARCS	197
Fig. 184 Valores obtenidos de las subescalas A, R, C y S	199
Fig. 185 Valoración usabilidad modelos 3D por GC.....	204
Fig. 186 Valoración usabilidad modelos 3D por GX.....	204
Fig. 187 Usabilidad de los Métodos.....	206
Fig. 188 Usabilidad de los métodos ambos grupos.....	206
Fig. 189 Métodos para explicar en clase	208
Fig. 190 Métodos para comprender la clase UMA	208
Fig. 191 Métodos para aclarar dudas (II) por grupos	209
Fig. 192 Elección entre métodos para aclarar dudas GC.....	209
Fig. 193 Elección entre métodos para aclarar dudas GX.....	210
Fig. 194 Papel vs Digital GC.....	211
Fig. 195 Papel vs Digital GX.....	211
Fig. 196 Con o sin Modelos 3D GC	212
Fig. 197 Con o sin Modelos 3D GX	212
Fig. 198 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos	213
Fig. 199 Valoración general de la experiencia 3D GX.....	216
Fig. 200 Representación satisfacción general herramientas de visualización GX.....	216
Fig. 201 Valoración particular de SKP por GX	217
Fig. 202 Valoración particular de RAF por GX	218
Fig. 203 Valoración particular de RAM por GX.....	219
Fig. 204 Datos de la percepción de las herramientas de visualización GX	220
Fig. 205 Puntuaciones percepción herramientas de visualización GX.....	220
Fig. 206 Valoración Herramientas de Comunicación	222
Fig. 207 Valoración Herramientas de Comunicación en diagrama de bigotes.	223
Fig. 208 Valoraciones según temáticas.....	224
Fig. 209 Valoraciones según temáticas en diagrama de bigotes	224
Fig. 215 Modelos impresos con impresora 3D	247
Fig. 216 Modelos 3D con Aumentaty© app.....	248
Fig. 217 Aumentaty Cardboard Viewer [104].....	248
Fig. 218 Aumentaty Cardboard Viewer [104].....	248

Fig. 219 Marcadores utilizados [102]	270
Fig. 220. Guía de uso de Adobe Acrobat 9 Pro Extended.....	271
Fig. 221 Guía Visualización de modelos 3D en SketchUp	272
Fig. 222 Guía de Visualización de modelos 3D. RA de escritorio	273
Fig. 223 Guía de Visualización de modelos 3D. RA móvil	274
Fig. 224 Práctica concepto de las líneas de nivel.....	320
Fig. 225 Plano de líneas de nivel en grupo.....	320
Fig. 226 Formas de terreno simples para comprender otras más complejas	320
Fig. 227 Deducción de elementos abstractos matemáticos asociados	321
Fig. 228 Realización de una vía. Perfiles longitudinal y transversales.....	321
Fig. 229 Visualización de topográficos cercanos.....	321
Fig. 230 Estudio de tipologías de edificios.....	322
Fig. 231 Representación de parámetros urbanísticos	322
Fig. 232 Diseño de vial en 3D. Topográfico modificado en Realidad Aumentada	322
Fig. 233 Práctica Autocad nº2.....	324
Fig. 234 Práctica Autocad nº3.....	324
Fig. 235 Práctica Autocad nº4.....	325
Fig. 236 Práctica nº5.....	325
Fig. 237 Práctica nº6.....	325
Fig. 238 Práctica nº7	326
Fig. 239 Práctica nº8.....	326
Fig. 240 Práctica nº9.....	326
Fig. 241 Práctica nº10.....	326
Fig. 242 Práctica nº11	327
Fig. 243 Obtención de modelos 3D de terrenos	328

Índice de Tablas

Tabla 1 Programación llevada a cabo	11
Tabla 2 Niveles y tipos de Realidad Aumentada [44] [75] [76].....	32
Tabla 3 Lista de herramientas para el desarrollo de Realidad Aumentada [103].....	35
Tabla 4 Test para la valoración de habilidades espaciales [130]	37
Tabla 5 Modelos tridimensionales usados en varias disciplinas	57
Tabla 6 Cuestionario IMMS. ARCS.	62
Tabla 7 Comparativa entre los distintos archivos facilitados	78
Tabla 8 Preguntas de investigación en FP	93
Tabla 9 Unidades tratadas	97
Tabla 10 Pruebas realizadas en la investigación en FP	100
Tabla 11 Datos de los participantes de los grupos	103
Tabla 12 Datos estadísticos alumnado FP	104
Tabla 13 TICs alumnado FP	105
Tabla 14 Uso de las TICs y frecuencia alumnado FP	106
Tabla 15 Experiencia temporal en el uso de las TICs alumnado FP.....	106
Tabla 16 Uso del PC/portátil y frecuencia alumnado FP	107
Tabla 17 Nivel del Software usado alumnado FP	108
Tabla 18 Uso diario de las TICs alumnado FP	108
Tabla 19 Móviles alumnado FP	109
Tabla 20 Opciones usadas en el móvil alumnado FP	109
Tabla 21 Dispositivo para conexión a internet alumnado FP	110
Tabla 22 Lugar y frecuencia de conexión a internet alumnado FP	111
Tabla 23 Realidad Aumentada alumnado FP	112
Tabla 24 Visualización de modelos 3D alumnado FP	112
Tabla 25 Dominio previo de las habilidades en Matemáticas alumnado FP	113
Tabla 26 Dominio previo de las habilidades de Expresión Gráfica alumnado FP.....	115
Tabla 27 Resumen de estadísticos alumnado FP	117
Tabla 28 Perfil académico alumnado FP	117
Tabla 29 Cambio en la capacidad de visualización espacial.....	118
Tabla 30 Notas de la prueba de nivel en FP (pre-post).....	118
Tabla 31 Puntuaciones del método Bipolar Laddering en FP	120
Tabla 32 Valoración sobre la Usabilidad del curso en FP	122
Tabla 33 Resultados de la valoración general de la experiencia 3D en FP	122
Tabla 34 Estadísticos de Usabilidad en FP	123
Tabla 35 Métodos para explicar en clase en FP	125
Tabla 36 Métodos para comprender la clase en FP	126

Tabla 37 Papel vs Digital en FP.....	127
Tabla 38 Con o sin Modelos 3D en FP.....	127
Tabla 39 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos en FP.....	128
Tabla 40 Valoración de la aceptación general de la experiencia 3D en FP.....	130
Tabla 41 Resultados de la valoración general de la experiencia 3D en FP.....	130
Tabla 42 Aceptación general de las Herramientas de Visualización en FP.....	131
Tabla 43 Valoración de cada una de las Herramientas de visualización en FP.....	132
Tabla 44 Valoración de las herramientas de visualización en FP.....	133
Tabla 45 Percepción de las Herramientas de Visualización en FP.....	134
Tabla 46 Diferencias entre las herramientas de visualización en FP.....	136
Tabla 47 Análisis DAFO.....	143
Tabla 48 Preguntas de investigación.....	146
Tabla 49 Modelo de diseño instruccional ADDIE (ASSURE).....	147
Tabla 50 Planning de la actuación.....	150
Tabla 51 Pruebas realizadas en la investigación.....	156
Tabla 52 Datos de los participantes de los grupos.....	159
Tabla 53 Datos estadísticos alumnado UMA.....	160
Tabla 54 TICs alumnado UMA.....	161
Tabla 55 Uso de las TICs y frecuencia alumnado UMA.....	162
Tabla 56 Experiencia temporal en el uso de las TICs alumnado UMA.....	163
Tabla 57 Uso del PC/portátil y frecuencia alumnado UMA.....	164
Tabla 58 Nivel del Software usado alumnado UMA.....	165
Tabla 59 Uso diario de las TICs alumnado UMA.....	166
Tabla 60 Móviles alumnado UMA.....	166
Tabla 61 Opciones usadas en el móvil alumnado UMA.....	167
Tabla 62 Dispositivo para conexión a internet alumnado UMA.....	168
Tabla 63 Lugar y frecuencia de conexión a internet alumnado UMA.....	169
Tabla 64 Realidad Aumentada alumnado UMA.....	170
Tabla 65 Visualización de modelos 3D alumnado UMA.....	170
Tabla 66 Expresión Gráfica vs Matemáticas alumnado UMA.....	171
Tabla 67 Resumen de estadísticos alumnado UMA.....	173
Tabla 68 Perfil académico alumnado UMA.....	173
Tabla 69 Comparativa de los cambios PRE y POST proceso.....	176
Tabla 70 Cambio en la capacidad de visualización espacial.....	177
Tabla 71 Cantidad de prácticas entregadas.....	178
Tabla 72 Estadísticos respecto de la cantidad total de las prácticas entregadas.....	178
Tabla 73 Reparto de la cantidad total de prácticas entregadas.....	179
Tabla 74 Calificaciones recogidas de las Prácticas.....	180

Tabla 75 Estadísticos de la calificación total de las prácticas	180
Tabla 76 Nota final de las prácticas.....	181
Tabla 77 Calificaciones de los ejercicios del Examen	183
Tabla 78 Estadísticos de la calificación del Examen final y de la Calificación final.....	183
Tabla 79 Nota del examen final y de la Calificación final	185
Tabla 80 Correlación entre las notas de prácticas y la nota del examen final	187
Tabla 81 Asistencia a las prácticas por ambos grupos	188
Tabla 82 Estadísticos respecto de la asistencia total a las prácticas.....	188
Tabla 83 Asistencia total a clase de prácticas.....	189
Tabla 84 Asistencia al examen final	190
Tabla 85 Descripción general del número de registros de las carpetas con prácticas	191
Tabla 86 Resultados cuestionario IMMS	193
Tabla 87 Estadísticos de IMMS	194
Tabla 88 ARCS Clasificación.....	195
Tabla 89 ARCS Resumen de estadísticos.....	195
Tabla 90 Intercorrelaciones entre las cuatro subescalas.	199
Tabla 91 Puntuaciones positivas Bipolar Laddering.....	200
Tabla 92 Puntuaciones negativas Bipolar Laddering	201
Tabla 93 Valoración sobre la Usabilidad del curso.....	204
Tabla 94 Resultados de la Usabilidad de los modelos 3D	205
Tabla 95 Estadísticos de Usabilidad.....	205
Tabla 96 Usabilidad de los Métodos.....	206
Tabla 97 Métodos para explicar en clase UMA	207
Tabla 98 Métodos para comprender la clase UMA	208
Tabla 99 Métodos para aclarar dudas por grupos	209
Tabla 100 Papel vs Digital	211
Tabla 101 Con o sin Modelos 3D.....	211
Tabla 102 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos	212
Tabla 103 Resultados de la aceptación general de la experiencia 3D.....	215
Tabla 104 Satisfacción general de las Herramientas de Visualización	216
Tabla 105 Valoración de cada una de las herramientas de visualización.....	217
Tabla 106 Valoración de cada una de las Herramientas de visualización	218
Tabla 107 Percepción general de las Herramientas de Visualización	219
Tabla 108 Diferencias entre las herramientas de visualización.....	221
Tabla 109 Valoración Herramientas de Comunicación	222
Tabla 110 Valoración por temáticas	223

Lista de Abreviaturas

- **TIC:** Tecnologías de la Información y la Comunicación
- **EEES:** Espacio Europeo de Educación Superior.
- **UMA:** Universidad de Málaga.
- **STEM:** Science, Technology, Engineering & Mathematics: Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas.
- **AEC:** Architecture, Engineering & Construction: Arquitectura, Ingeniería y Construcción.
- **CAD:** Computer-aided design: diseño asistido por ordenador,
- **SKP:** SketchUp.
- **PDF3D:** Tipo de archivo que admite el programa de Adobe Acrobat 9 Pro Extended
- **RV:** Realidad Virtual
- **RA:** Realidad Aumentada, fija o móvil
- **RAF:** Realidad Aumentada fija, visible desde un PC usando un programa.
- **RAM:** Realidad Aumentada móvil, visible desde otro tipo de dispositivos electrónicos, tablets, smartphones,... usando para ello una app.
- **FP:** Formación Profesional
- **CFGS:** Ciclo Formativo de Grado Superior, dentro de la Formación Profesional
- **HMD:** (*Head Mounted Display*) Dispositivo acoplado en la cabeza
- **BYOD:** (Bring Your Own Device) Lleva tu propio dispositivo
- **Fab-Lab** (Fabrication Laboratory)
- **Map Reading Skill** (habilidad para la lectura de mapas)
- **TMA:** Topographic Map Assessment test
- **Modelo ARCS:** Modelo explicativo de la motivación formado por cuatro componentes Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción, John M. Keller.
- **IMMS:** Instructional Materials Motivation Survey, encuesta para medir las componentes de la motivación en un estudio basado en el Modelo ARCS.
- **IPO:** Interacción Persona Ordenador.
- **MED:** Materiales educativos digitales.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1. Justificación

Una competencia profesional básica en un técnico, en el entorno de la arquitectura o de la ingeniería, es elaborar modelos, planos y presentaciones en 2D y 3D para facilitar la visualización y comprensión de proyectos a largo del desarrollo de su carrera profesional, es decir, *“el técnico ha de ser capaz de operar con visualizaciones mentales a partir de representaciones planas y viceversa. En otras palabras, el técnico ha de tener unas habilidades espaciales suficientemente desarrolladas [1]”*.

Además, en muchas de esas ocasiones deben hacerlo a través de los equipos informáticos dentro de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) demostrando el control de la competencia digital a tratar transversalmente.

Por lo tanto, a lo largo de sus estudios, los estudiantes de ramas técnicas tienen que lograr un dominio de la Expresión Gráfica en los distintos sistemas de representación, mostrando una percepción correcta del espacio y la forma, reconociendo sus propiedades, con el fin de resolver los problemas planteados más adelante puesto que ingresarán en mundo profesional donde el uso de la tecnología 3D está ampliamente implantada tanto para la gestión, como para el diseño y visualización de los proyectos a llevar a cabo más tarde.

El desarrollo de la capacidad espacial es fundamental para el alumnado de los estudios de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, (STEM, en el mundo anglosajón) (Science, Technology, Engineering, Mathematics) [2], [3], y en el de la Arquitectura, Ingeniería o Construcción, AEC (Architecture, Engineering and Construction), [4], [5], no sólo en las materias relacionadas con la Expresión Gráfica, sino que también en el aprendizaje de otras disciplinas, como por ejemplo en ciencias [6], en Matemáticas [7], en química [8] o en medicina [9], ya que ayuda a establecer relaciones entre lo real y el modelo abstracto que representa dicha realidad [10], influyendo significativamente en la facultad de acabar los ejercicios exitosamente [11]. Se convierten, en muchos casos, en una barrera que impide un entendimiento de lo que se está explicando [12] [13]. En estos entornos, algunos estudios corroboran la relación existente entre control de habilidades espaciales y éxito futuro a nivel académico y profesional [14], [15], [16].

Sin embargo, según Moraco y Pirola [17], la enseñanza de la geometría espacial a menudo se disocia con conceptos de geometría plana, según el autor, es fundamental que se establezca una relación entre conceptos espaciales y geometría plana en la práctica pedagógica, ya que ambos están presentes en la vida cotidiana.

Por lo tanto, en el proceso de aprendizaje de la Expresión Gráfica, se necesitan apoyos visuales tridimensionales, para que estas nuevas explicaciones queden claras, puesto que ayudan a los alumnos que poseen poco entrenamiento previo o con dificultades de aprendizaje en la percepción de espacio y forma, relacionando directamente la geometría espacial con geometría plana. Quizás estemos delante de un cambio de modelo, ya que las nuevas herramientas informáticas permiten procedimientos que actúan en un entorno tridimensional de forma directa [18].

Por otro lado, la docencia de la Expresión Gráfica adolece de un menor número de horas de clase en los actuales planes de estudio [19] [20], lo cual unido a que en las clases, el

tiempo es limitado, hace que sea muy difícil ilustrar claramente la relación entre la geometría 3D y su proyección 2D. Para ello, el profesor puede utilizar figuraciones gestuales con objetos simples que posea a mano, bocetos en perspectiva en papel o en la pizarra, maquetas ejecutadas con varios materiales,... o utilizando medios más actuales para presentar la información gráfica en el aula. Se hace necesaria, para ello, una nueva forma de mostrar la realidad en la que el alumnado pueda seguir la didáctica en la asignatura con menor dificultad, ya que no todos los alumnos parten del mismo nivel de desarrollo de la habilidad de visualización espacial. Se piensa que la interacción con objetos tridimensionales (3D) [21] y los ejercicios 2D al mismo tiempo, puede engendrar en ellos los procesos mentales para llegar a las soluciones de los problemas planteados [22]. Este es el caso de modelos tangibles digitales 3D visualizados a través de la pantalla del ordenador utilizando programas de CAD, SketchUp (SKP), Realidad Aumentada, (RA), fija o móvil, (RAF o RAM), o el PDF3D.

Queda así, por otro lado, patente la inclusión de tecnología en el aula, puesto que para la visualización y manejo de los mismos se necesita el uso habitual de ordenadores e incluso móviles y otros dispositivos como tabletas, gracias al avance de sus características técnicas llevado a cabo tanto a nivel de software como de hardware.

1.2. Propuesta educativa

Por todo ello, en este proyecto de investigación se realiza el desarrollo de una metodología de enseñanza aprendizaje dentro de la Expresión Gráfica usando los modelos tridimensionales usando programas de diseño gráfico, visualización y Realidad Aumentada, en varias fases, que innove respecto de los tradicionales y complemente la formación de los estudiantes de ingeniería que poseen un marcado perfil tecnológico, usando un entorno que les es grato, el de las TIC que, además son más cercanas con la realidad profesional y que presenta la información de una manera atractiva, versátil, global, inmediata y completa. Los modelos tangibles digitales y la Realidad Aumentada, mejoran así los materiales impresos.

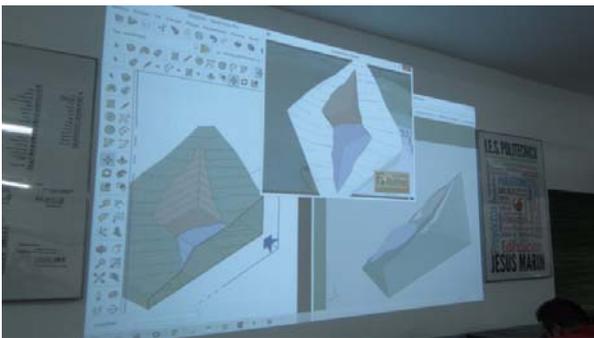


Fig. 1 SketchUp, RA and PDF3D, clase expositiva



Fig. 2 Modelos 3D realizando ejercicios en clase

Se piensa que de esta manera, el alumnado estará más receptivo para comprender la tarea, puesto que no le supondrá un esfuerzo adicional entender los conceptos asociados, es decir, no existe un condicionante del canal de transmisión de la información, y por lo tanto, se facilita la adquisición de contenidos.

Se presenta en este trabajo cómo se han introducido los modelos 3D en el proceso de enseñanza-aprendizaje con el fin de mejorar las habilidades de visualización espacial de los estudiantes en relación a la Expresión Gráfica en la Ingeniería y Arquitectura.

Por ello, en el desarrollo del curso se han diseñado una serie modelos 3D que acompañan a las explicaciones del profesor y a los ejercicios realizados por el alumnado durante el curso, véase Fig. 1 y Fig. 2.

Se pretende evaluar cualitativamente y cuantitativamente las modificaciones realizadas con el fin de retroalimentar el proceso realizando modificaciones posteriores de la metodología para mejorarla, intentando aumentar tanto el grado de satisfacción y motivación del alumno como su rendimiento académico.

Por otro lado, se quiso comparar varios de estos medios de apoyo tridimensional, valorando las preferencias de los alumnos en el proceso de aprendizaje entre los mismos, (Realidad aumentada, fija o móvil y uso de programas como SketchUp o PDF3D), véase las Fig.3, Fig.4 y Fig. 5.

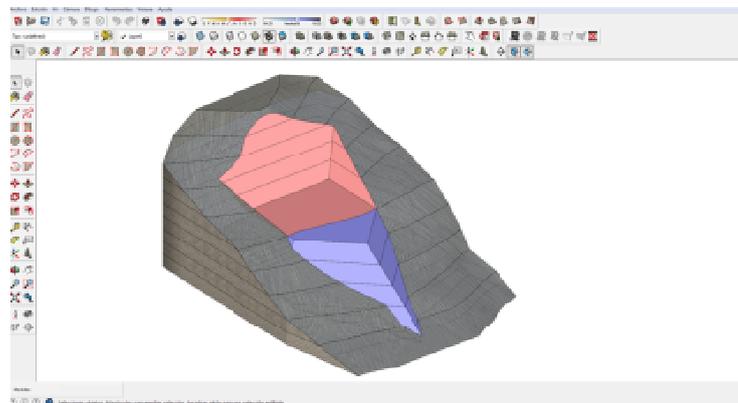


Fig. 3 Ejemplo SketchUp

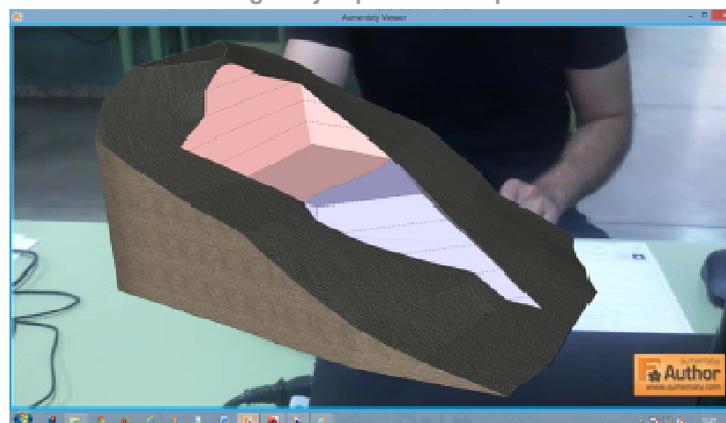


Fig. 4 Ejemplo Realidad Aumentada

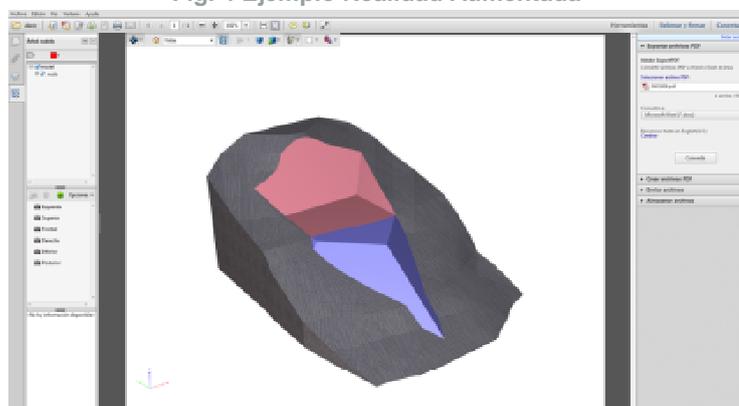


Fig. 5 Ejemplo PDF3D

1.3. Contexto de la tesis

La presente tesis se encuadra dentro de la docencia de materias relativas a la Expresión Gráfica. Esta investigación estudia la influencia de la introducción de una nueva metodología que se basa en los modelos tridimensionales como apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje, en el desarrollo normal de las clases, en Educación Superior Europeo en el ámbito específico del Dibujo Técnico y la Topografía.

La tesis gira principalmente alrededor de aspectos pedagógicos y experimentales, puesto que pretende la introducción de una nueva metodología en el aula para impartir contenidos gráficos.

Además, como dicha materia implica el desarrollo de la capacidad espacial de la inteligencia, se consideran aspectos psicológicos.

Por otro lado, el diseño y creación de todos los modelos que intervienen y la utilización de las TIC en el aula para la visualización de los mismos implican aspectos tecnológicos.

Finalmente, se entra en aspectos estadísticos en cuanto al tratamiento de datos y obtención de resultados. Fig. 6.

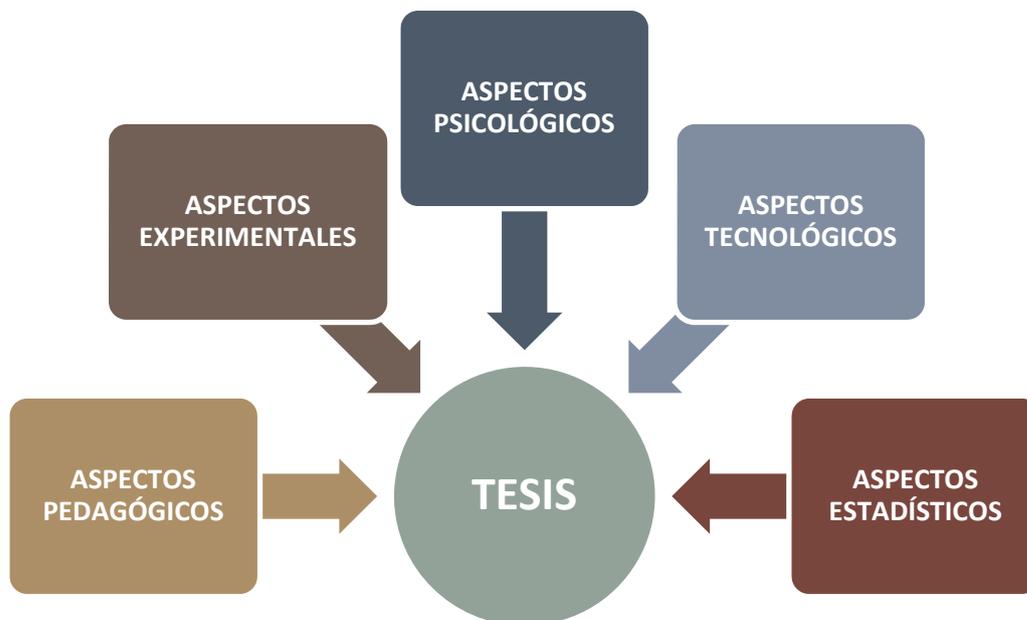


Fig. 6 Aspectos que influyen en la presente Tesis Doctoral

1.4. Objetivos

El principal objetivo de la investigación ha sido la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje de la Expresión Gráfica en la Ingeniería. Dentro de este contexto se establecen otros objetivos derivados:

- Analizar la utilización de elementos 3D físicos y virtuales en el entorno docente.
- Crear un entorno de formación adaptable a los estilos individuales de enseñanza aprendizaje de personas de diversos orígenes y con distintas necesidades de organización, mediante la utilización de elementos tridimensionales usando programas como Trimble SketchUp, SKP, Adobe Acrobat 9 Pro Extended, PDF3D, y la Realidad Aumentada, RA, fija y/o móvil con el programa Aumentaty© Author,

Aumentaty© Viewer y la aplicación Aumentaty app©, para presentar la información gráfica, en un entorno tecnológico, mejorando la comprensión de información técnica por otros canales diferentes a los tradicionales, para facilitar la adquisición de competencias técnicas incluidas en el currículo y en las programaciones y, por lo tanto, a desarrollar.

- Cuantificar el grado de variación de la adquisición de contenidos y de capacidad de visualización espacial, al introducir los modelos 3D como medio para presentar la información e interacción con el alumnado en las clases prácticas.
- Evaluar y analizar cómo los modelos tridimensionales se integran a los procesos educativos, atendiendo a la motivación, usabilidad y mejora del rendimiento del alumnado.

Los resultados obtenidos se han derivado de dos estudios experimentales:

- El primero de ellos realizado con estudiantes de Formación Profesional, FP, en la titulación de Proyectos de Edificación (Ciclo Formativo de Grado Superior, CFGS), interesados en aprender el manejo de las líneas de nivel, con el fin de valorar la usabilidad de la comunicación en el aprendizaje de los modelos 3D, (RA, SKP, PDF3D) mostrando las preferencias observadas por los estudiantes que la han utilizado frente a otros medios de comunicación: (croquizados manuales, gráficos, explicaciones del profesor,...), su nivel de adquisición de habilidades espaciales con las curvas de nivel, y su grado de satisfacción.
- Posteriormente al anterior, la experiencia también ha sido llevada a cabo con alumnos universitarios de primer curso del Doble grado en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto en la Universidad de Málaga, España. El estudio compara las diferencias observadas entre dos grupos, uno de ellos, grupo control, GC, y el otro grupo experimental, GX, que se diferencian en la intervención educativa realizada en este último al introducir los modelos 3D en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Se ha realizado el estudio en dos direcciones: una de ellas, desde el punto de vista del profesor, observando la variación en la participación de los alumnos de ambos grupos en el aula, la capacidad de visualización espacial de los estudiantes y los resultados de aprendizaje; y otra, recopilando la información directa del protagonista del aprendizaje, el alumnado, evaluando cuantitativamente y cualitativamente los modelos 3D propuestos, así como la experiencia llevada a cabo, para observar cómo son percibidos por los alumnos, cómo influye en la motivación de los mismos y valorar sus preferencias.

1.5. Hipótesis

Se parte de la hipótesis de partida de que tratar los contenidos con los modelos tridimensionales para presentar información en las clases de ingeniería o similares mejora la motivación de los estudiantes y por tanto, su predisposición ante la materia presentada.

Es decir, en lugar de escuchar las clases magistrales de un modo pasivo, como en las clases tradicionales, se permite a los estudiantes una experiencia práctica interactiva y reflexiva, con una mayor implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje, lo que los habilita para comprender mejor, de una manera general y más rápidamente, la información gráfica que se les presenta, relacionando las tres dimensiones de lo mostrado con sus

proyecciones, y todo el resto de la disciplina asociada que se le pueda estar facilitando. Todo esto se supone que se reflejará en la obtención de mejores resultados académicos sobre los contenidos tratados.

Para verificar si los modelos 3D pueden ayudar a los estudiantes a resolver estos problemas, las siguientes hipótesis de trabajo se han formulado y se ha llevado a cabo un estudio. En esta sección se presenta esas hipótesis.

Manejo de las TIC

H1. El conocimiento y nivel de manejo de las TIC es alto. El medio utilizado no limita los futuros aprendizajes que supongan el manejo de los modelos digitales 3D diseñados.

Nivel de destreza de los principios matemáticos asociados

H2. Existe un nivel homogéneo de dominio mínimo adquirido en niveles académicos anteriores y una buena predisposición ante los principios matemáticos que se carezcan, fruto de la disparidad de orígenes de los alumnos de los grupos estudiados.

Nivel de conocimiento de los principios de la Expresión Gráfica

H3. El grado de dominio de los conocimientos necesarios es homogéneo en los grupos del experimento, acompañado de una adecuada disposición ante la nueva tarea gráfica desconocida originada por la diversidad de los integrantes de los grupos implicados.

La predisposición del alumnado ante el uso de los modelos 3D es positiva

H4. El alumnado se muestra interesado en el manejo de los modelos 3D.

La utilidad de los modelos 3D

H5. El alumnado está satisfecho del apoyo que recibe porque los modelos 3D son útiles para su aprendizaje y no suponen ningún impedimento añadido a la dificultad de los conocimientos a transmitir.

El aprendizaje mediante modelos 3D

H6. Los modelos facilitados son adecuados para los estudiantes para mejorar la comprensión y manejo de las tareas a desarrollar dentro de la Expresión Gráfica y esto queda reflejado en un mejor rendimiento académico.

Para poder validar las hipótesis de partida, H1-H4, se aportan los datos obtenidos de las encuestas previas que han sido cumplimentadas por los participantes. Para poder validar la hipótesis de trabajo H5-H6, de las cuales emanan los objetivos del estudio, se va a proceder de la siguiente manera: analizando los datos obtenidos del primer estudio en Formación Profesional, por un lado, y comparando los resultados conseguidos en la Universidad por los dos grupos de estudio, GX y GC, por otro, para averiguar si ha existido variaciones respecto de la variación de la capacidad de visualización espacial, del rendimiento académico, de la motivación, de la usabilidad y de la satisfacción de los miembros de los grupos implicados en el experimento.

1.6. Metodología

Esta tesis responde a una necesidad como docente de intentar comunicar a los alumnos la manera de trabajar con las representaciones planas de la materia a explicar en el ámbito de la Expresión Gráfica; en otras palabras, de encontrar una manera de explicar aquello que los alumnos no “ven” directamente. Por lo que se ha intentado contestar a la pregunta de cómo mostrar esa realidad invisible.

Se pensó en los modelos tridimensionales, como posibles nuevas tecnologías para la muestra de dicha realidad y en la creación de experiencias docentes que utilizaran estas formas para la comunicación con los alumnos en clase.

Por ello, lo primero que se ha realizado es una búsqueda bibliográfica con objeto de conocer las posibilidades y posibles ventajas de la utilización de dichos modelos tridimensionales a nivel pedagógico, posibles formas de introducción a nivel docente, conocimiento de las posibles tecnologías para llevar a cabo la experiencia, implicaciones del término capacidad espacial en ámbitos STEM y AEC y conocimiento de las distintas experiencias llevadas a cabo con las tecnologías elegidas en distintas disciplinas.

En la parte práctica se ha creado unos apuntes aumentados por los modelos 3D diseñados que tienen como objeto la introducción de los modelos tangibles digitales 3D en clase, por lo que ha requerido el diseño, y la incorporación de dichos modelos. En cuanto a las tecnologías usadas pensamos que están acordes con el avance tecnológico y con los intereses del alumnado.

Se pueden nombrar como actividades realizadas:

- Investigación bibliográfica.
 - Clasificación de los modelos tridimensionales posibles a usar en el aula.
 - Determinación de las ventajas de la introducción de los modelos 3D en el ámbito docente.
 - Elección de las posibles formas de ver los modelos virtuales en el aula, mediante programas usados anteriormente SketchUp y otros nuevos como PDF3D, o con la Realidad Aumentada como tecnología de uso.
 - Recopilación y elección de las posibles aplicaciones informáticas de RA a usar.
 - Capacidad espacial, su importancia en el ámbito STEM y AEC.
 - Revisión bibliográfica del uso de los modelos tridimensionales usando en distintas disciplinas.
 - Conocimiento de las experiencias, estrategias y sus resultados para poder establecer la viabilidad de las mismas en el ámbito docente haciendo hincapié en las referentes a Ingeniería Gráfica.
- Diseño del material para llevar a cabo la experiencia.
 - Programación y Planificación de la experiencia.
 - Recopilación de hardware y software necesario, así como de otros elementos auxiliares como los marcadores.
 - Realización del material docente, apuntes, guías y prácticas aumentados.
 - Preparación de modelos tridimensionales virtuales usando las distintas tecnologías.

- Creación de manuales para el manejo de las tecnologías de uso: SKP, PDF3D y RA fija y móvil.
- Elaboración de manuales para la realización de modelos con las tecnologías nombradas.
- Elaboración de una ficha para la caracterización del perfil de los estudiantes participantes en el estudio.
- Determinación del nivel académico de los alumnos en cuanto al tema a tratar.
- Creación de cuestionarios para el análisis de usabilidad: eficacia, eficiencia de las tecnologías usadas y de satisfacción de los estudiantes respecto de los experimentos llevados a cabo.
- Cuestionarios para el análisis cualitativo de los datos de usabilidad.
- Diseño de pruebas finales de evaluación de contenidos.

- Realización de la experiencia.
 - Incorporación de los modelos en clase con el desarrollo de la experiencia. Se ha llevado a cabo en dos escenarios diferentes dentro de la educación superior, en Formación Profesional a lo largo de los cursos 2012-13, 2013-14 y 2014-15, realizando un estudio comparando todas las tecnologías y en la Universidad en el curso 2015-2016, en un estudio de contraste entre un grupo experimental y otro de control.

- Recopilación de datos. Análisis de datos usando la estadística. Conclusiones.
 - Observación del perfil tecnológico y académico del alumnado.
 - Atención a los estudios de usabilidad de los modelos y satisfacción de los alumnos, realizando una comparativa de los mismos de las tecnologías de uso.
 - Análisis de los puntos fuertes y débiles de la experiencia a través de la recogida de datos cualitativa.
 - Examen de los resultados académicos para observar si se produce una mejora en el rendimiento académico en el estudio comparativo.
 - Determinación de Conclusiones

- Difusión de la experiencia.
 - Presentación de trabajos a congresos y revistas científicas.
 - Divulgación de los pasos realizados en Blog del departamento.
 - Presentación de algunos avances en televisión.
 - Divulgación en prensa tras la visita de la Consejera de Educación.

1.7. Plan de trabajo

Se muestra seguidamente la programación de actividades y acciones realizadas, así como las publicaciones, asistencia a congresos, cursos y temporalización de ensayos. Tabla 1.

Tabla 1 Programación llevada a cabo

CALENDARIO		ACTIVIDADES		PUBILICACIONES CONGRESOS, CURSOS			CURSOS			
2012	ABR	ESTUDIO, RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE APUNTES. MODELADO.					FP	UMA		
	MAY				PONENTE EN CURSO: GOOGLE SKETCHUP.					
	JUN									
	JUL									
	AGO									
	SEP	PLANIFICACION CURSOS								
	OCT					PONENTE EN GRUPO DE TRABAJO: GOOGLE SKETCHUP				
	NOV									
	DIC									
2013	ENE	APROBACIÓN PLAN DE INVESTIGACIÓN					CURSO 12-13			
	FEB				PONENTE EN GRUPO DE TRABAJO: ARTE Y ESCUELA.					
	MAR		PRIMEROS MODELOS 3D. ESTUDIO PILOTO							
	ABR									
	MAY									
	JUN									
	JUL				ASISTENTE CURSO LA REALIDAD AUMENTADA. ESPIRAL.					
	AGO									
	SEP									
	OCT		GRUPO DE TRABAJO: REALIDAD AUMENTADA				CURSO 13-14			
	NOV									
	DIC									
2014	ENE									
	FEB									
	MAR									
	ABR									
	MAY				PONENTE JORNADA AUMENTA.ME EDU 2014					
	JUN									
	JUL									
	AGO									
	SEP				PONENTE Y ARTÍCULO EN BUENAS PRÁCTICAS CON TIC			CURSO 14-15		
	OCT				PONENTE Y ARTÍCULO EN IEEE FIE CONFERENCE					
	NOV									
	DIC				ARTÍCULO EN COMUNICACIÓN Y PEDAGOGÍA					
2015	ENE		PROYECTO GUTENBERG 3D							
	FEB									
	MAR									
	ABR									
	MAY					DEMOSTRACIÓN REALIDAD AUMENTADA MALAKABOT 2015				
	JUN					TALLER REALIDAD AUMENTADA PROGRAMA ANDALUCÍA DIRECTO				
	JUL	DOCUMENTO TESIS DOCTORAL		BLOG						
	AGO									
	SEP									
	OCT									
	NOV						ARTÍCULO UNIVERSAL JOURNAL OF EDUCATIONAL RESEARCH			
	DIC									
2016	ENE						CURSO 15-16			
	FEB				VISITA DE LA CONSEJERA DE EDUCACIÓN: ADELAIDA CALLE					
	MAR									
	ABR									
	MAY									
	JUN				PONENTE EN JORNADAS DE BUENAS PRÁCTICAS EN FP					
	JUL									
	AGO				EVALUADOR EN LA REVISTA DYNA INGENIERÍA E INDUSTRIA					
	SEP									
	OCT									
	NOV									
	DIC				ARTÍCULO EN DYNA NEW TECHNOLOGIES					
2017	ENE									
	FEB									
	MAR				ARTÍCULO DYNA	ARTÍCULO EN JOVI	ARTÍCULO EN CAE			
	ABR									
	MAY									
	JUN									

1.8. Límites de la investigación

El objetivo fundamental de la investigación era desde un principio, el mejorar la capacidad espacial de los alumnos en relación con las representaciones realizadas. En un primer caso se ha estudiado el manejo de los estudiantes de Formación Profesional con las líneas de nivel en movimientos de tierras dentro de proyectos de urbanización, con lo que quedaba definido la materia objeto de estudio, pero el alcance de este estudio ha sido meramente descriptivo debido a la imposibilidad de disponer de un grupo control y otro experimental con los que contrastar los resultados alcanzados.

Esta posibilidad de realizar un estudio de contraste si se disponía en el ámbito universitario, es por ello, por lo que se ha llevado a cabo en dos grupos lo más homogéneos posibles, en la parte práctica de la asignatura de la Expresión Gráfica en la Ingeniería, queriendo abarcar dentro de esta tesis todo el periodo lectivo de la misma, abarcando así todos los sistemas de representación o posibilidades de expresión, con la filosofía de convertirse en un nuevo medio para explicar las clases.

El entorno de aplicación es la Educación Superior. Era evidente por la complejidad de la disciplina en sí, persiguiendo determinar sobre la usabilidad de las tecnologías, sobre la motivación de los usuarios y sobre la mejora de resultados académicos.

Se ha realizado alguna comparativa, referente a las opiniones frente a los medios utilizados, entre el alumnado de Ciclo Formativo y Universidad, sin embargo, hay que aclarar que son meramente singulares y particulares, porque tras realizar los estudios previos se ha observado diferencias significativas entre los mismos y porque las materias en estudio, los tiempos dedicados a los mismos, las finalidades de uso y el entorno han sido diferentes.

El propósito proyectado es eminentemente práctico, lo cual hace que el gran esfuerzo realizado recaiga sobre el diseño, planificación e impartición de la docencia con los modelos tridimensionales creados, pretendiendo no menospreciar el estudio del estado del arte en cuanto al uso pedagógico de los modelos tridimensionales y su utilización en diversas materias en educación, su influencia en la capacidad espacial, las tecnologías de uso y las metodologías de estudio llevadas a cabo en investigaciones similares. Todos estos elementos han sido claves para encaminar el experimento.

Por otro lado, se buscaba una opción de visualización barata y fácil de usar por los alumnos en sus casas, por lo que las aplicaciones de SKP y PDF3D, estaban claras.

La tecnología RA fija también pareció desde un principio una buena opción de visualización, debido a su potencial y a que la mayoría de los alumnos dicen tener portátil en casa, quedando la dificultad en la elección de la aplicación, que se llevó a cabo tras varias pruebas con diferentes tecnologías. No se han apreciado diferencias entre las diferentes visualizaciones con las mismas, el factor determinante para realizar la selección de la aplicación elegida fue la estabilidad de la misma y que fuera de software libre. Además, la aplicación en el aula era viable por necesitar sólo de webcam, inversión asumible por el departamento.

Se han barajado dos posibilidades a nivel experimental complementario, pero sólo con el fin de testear estas nuevas tecnologías de uso emergente. Las tecnologías de uso y las razones de su no inclusión en el estudio al mismo nivel que las anteriores ha sido:

- Tecnología RA móvil: La tecnología de uso se ha desarrollado durante la ejecución del estudio y los alumnos no poseían un móvil con las suficientes características técnicas para poder visualizar los modelos cómodamente. La administración no podía costear esta tecnología de manera general para toda la clase.
- Modelos físicos en plástico: Se planteó como otra de las posibilidades de visualización tras la aprobación del proyecto Gutenberg, puesto que eran fácil y compatible la obtención de archivos *.stl para su impresión en impresoras 3D. Sin embargo y debido a que la aportación económica asignada no llegó por problemas administrativos, impidió su uso a nivel general y lo limitara a nivel testimonial.

Todo esto concretó las tecnologías de visualización: SKP, PDF3D, RA fija y RA-móvil, quedando los modelos físicos de plástico para estudios futuros.

1.9. Estructura de la tesis

Se describen a continuación sucintamente los distintos capítulos que componen la actual Tesis Doctoral:

En el presente Capítulo 1 “Introducción” se explica la justificación del estudio, en qué consiste la propuesta educativa, el contexto de la misma, así como sus objetivos, hipótesis, metodología, plan de trabajo llevado a cabo con los límites de a investigación y sus principales contribuciones.

En el Capítulo 2 “Marco Teórico” se justifica didácticamente la elección de los modelos 3D como elementos mediadores en el aprendizaje, así como las tecnologías usadas en la visualización de los mismos, SKP, PDF3D y RA, desarrollando más notoriamente a la tecnología de Realidad Aumentada RA por su desconocimiento. Posteriormente se realiza una revisión bibliográfica no exhaustiva de conceptos como la capacidad espacial y cómo los modelos tridimensionales se han utilizado en multitud de disciplinas y formar parte en experiencias docentes para la exposición de contenidos. Se responde así al primero de los objetivos de la tesis que pretendía analizar la utilización de elementos tridimensionales físicos y virtuales en el entorno docente. Se presenta, por otro lado, los elementos sobre los que se va a basar metodológicamente hablando la tesis que se desarrolla: la Taxonomía revisada de Bloom como instrumento para la creación de actividades, el método ARCS para la valoración de la motivación del alumnado, el método Bipolar Laddering como forma cualitativa de analizar el método usado y la Usabilidad y la normativa ISO, como documento para la valoración cuantitativa del mismo.

En el Capítulo 3 “Diseño, Implementación y Evaluación de Modelos 3D”, dando respuesta al segundo objetivo propuesto de creación de un entorno de formación adaptable a los estilos individuales, mejorando la comprensión de información técnica para facilitar la adquisición de competencias técnicas, se establece las directrices básicas para la puesta en marcha de la experiencia, explicando cuales son las claves para la creación de un entorno de formación protagonizado por los modelos 3D. Se tocan temas clave como la metodología a llevar, software y hardware necesario y elementos auxiliares, así como la existencia de los apuntes aumentados acompañados de las tecnologías de visualización. Posteriormente se explica cómo se lleva a cabo la formación con tecnologías 3D, como se ha realizado la preparación de los modelos 3D en sus distintas formas, (SKP, PDF3D, RA

fija y móvil), diferencias entre los mismos y cómo pueden incorporarse a clase, teniendo en cuenta los agrupamientos, espacios y la formación previa en las tecnologías implicadas. Se detallan cuáles han sido las modificaciones de los programas de uso durante la experiencia y que han afectado al experimento.

En el Capítulo 4 “Caso de estudio nº1” y el Capítulo 5 “Caso de estudio nº2”, se concretan el uso de las herramientas anteriores en dos experiencias, llevadas a cabo en formación profesional y en un entorno universitario, respectivamente. De esta manera se hace patente la experimentación práctica con los datos concretos de ambos casos. Se detalla cuáles han sido los pormenores de ambos estudios: contextos de aplicación, problemática observada, objetivos y preguntas de investigación, metodología, procedimiento de actuación, instrumentos de medida y resultados.

En estos capítulos se explica cuál es el procedimiento que se ha llevado a cabo para la recogida de los datos. Se detalla cuáles han sido los cuestionarios planificados para este fin, con el que posteriormente van a realizarse cómo es el perfil de los alumnos que realiza el estudio y que nos proporcionará datos sobre sus datos personales, perfil tecnológico, perfil académico y profesional previo, así como cuál es el conocimiento de las tecnologías a usar. Por otro lado, se detalla el procedimiento para la valoración de la variación de la capacidad de la visualización espacial y del rendimiento académico, que implica la realización de pruebas. Se proponen test y otros parámetros para observar y comparar la motivación de los alumnos a la hora de afrontar la materia. Finalmente se exponen los procedimientos y los cuestionarios para la valoración de las tecnologías de visualización usadas (SKP, PDF3D y RA), el estudio de usabilidad (eficacia, eficiencia y satisfacción, la determinación de preferencia entre los elementos implicados en el proceso de enseñanza y la encuesta de satisfacción de la experiencia, junto con el estudio cualitativo de valoración del proceso, basado en el método Bipolar Laddering.

En el capítulo 6 “Conclusiones y Futuras líneas de trabajo” se indica, por un lado, las conclusiones de la tesis presentada en cuanto a todo el material elaborado y evaluado. Por otro finalmente, se señalan cuáles podrán ser las futuras líneas de trabajo que se piensa pueden tener un mayor interés.

En el apartado “Referencias” quedan reflejadas las fuentes documentales mencionadas en la presente Tesis Doctoral.

En último lugar, en los “Anexos”, se acompañan los test realizados por los alumnos a lo largo del estudio y las guías de manejo de los programas.

Como resumen de esta parte podemos concretar que los elementos pormenorizados en el Capítulo 2 son los instrumentos que han ayudado a determinar los dos últimos objetivos fijados de evaluación de los modelos tridimensionales integrados en los procesos educativos, cuantificando la variación producida al introducir los modelos 3D como medios para presentar la información e interacción con el alumnado en las clases prácticas en ingeniería gráfica. En el Capítulo 3 se muestra cómo pueden llevarse a cabo. En los Capítulos 4 y 5 se comunican los dos casos de estudio, cuyas conclusiones son expuestas en el Capítulo 6, junto con las futuras líneas de trabajo. Para complementar los resultados del experimento desarrollado se añade la información de los Anexos.

1.10. Contribuciones de esta tesis

Se señalan las siguientes aportaciones como las principales contribuciones de esta tesis:

- Diseño de un curso usando modelos tridimensionales.
 - Elaboración de unos apuntes aumentados como material docente.
 - Nuevo enfoque a la materia con la impartición de la misma a través de modelos tridimensionales virtuales utilizando las distintas tecnologías.
 - Manuales para la manipulación de los modelos 3D con SKP, PDF3D y RA.
 - Manuales para la obtención de modelos tridimensionales.
- Creación de un enfoque para la atención a la diversidad de los alumnos sordos asistentes a clase.
- Recopilación de bibliografía acerca del uso de los modelos tridimensionales en el aula.
- Análisis y resultados:
 - Caracterización del perfil de los participantes gracias a la elaboración de una ficha.
 - Valoración del aumento del rendimiento académico.
 - Determinación de la usabilidad, eficacia y eficiencia de las tecnologías usadas.
 - Estimación del grado de satisfacción del alumnado implicado.
 - Evaluación de los pros y contras del experimento, con un enfoque cualitativo-cuantitativo.

1.11. Difusión de la investigación

Artículos indexados en Science Citation Index. (JCR)

- F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «Incorporation of 3D ICT elements into class» *ACEE, Computer Applications In Engineering Education, CAE*, Vol.25, nº2, march 2017. doi:10.1002/cae.21802.
- F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «Presentación de contenidos 3d: del aula al trabajo usabilidad e influencia en la capacidad espacial,» *DYNA Ingeniería e Industria*, 92, nº2, p 137, marzo-abril, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.6036/8236>.
- F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «Improving graphic expression training with 3D models,» *Journal of Visualization, JOVI*, marzo, pp. 1-16, 2017. doi:10.1007/s12650-017-0424-8.

Otros artículos publicados

- F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «From 2D to 3D: Teaching terrain representation in engineering studies through Augmented reality: Comparative versus 3D PDF,» de *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2014.
 - F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra, F. d. P. Montes Tubío, J. A. Juango Ansó y S. Castillo, «Desarrollo de un plan parcial con Realidad Aumentada según la tipología de Edificios y los parámetros urbanísticos de un PGOU tipo,» de *Buenas prácticas con TIC*, Guadalajara, México, 2014.
 - F. J. Ayala Alvarez y J. A. Juango Ansó, «Mejora de las habilidades espaciales en Expresión Gráfica mediante el uso de la RA,» *Comunicación y Pedagogía*, vol. 279, pp. 26-32, 2014. Fig. 7.

- F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «Assessment of 3D Models Used in Contours Studies, » *Universal Journal of Educational Research*, PAPER_ID: 19504772, vol. 3(11): 877-890, 2015.
- F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «New ways for presentation of projects, from the classrooms to world of work,» *DYNA New Technologies*, Enero-Diciembre 2016, vol. 3, no. 1, DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8128>.

Ponencias presentadas en congresos

- Ponencia en la Jornada Aumenta.me EDU 2014, organizada por la Asociación Espiral, Educación y Tecnología con la colaboración de On Granada Tech City. Mayo 2014. "Como convertir un terreno urbanizable en urbano con Realidad Aumentada. Visualización en 3D del desarrollo tradicional en 2D". Fig. 7.
- Ponencia en el Congress International 44th annual Frontiers in Education Conference. Octubre 2014. Madrid. "From 2D to 3D: Teaching terrain representation in engineering studies through Augmented Reality. Comparative versus 3D PDF" De 2D a 3D: Enseñando la representación del terreno en estudios ingeniería a través de la Realidad Aumentada. Comparativo contra PDF 3D. 978-1-4799-3922-0. Fig. 7.
- Ponencia en el IV Congreso Internacional sobre Buenas Prácticas TIC. Centro universitario de los Valles. México. Septiembre 2014. "Desarrollo de un plan parcial con Realidad Aumentada según la Tipología de Edificios y los parámetros urbanísticos de un PGOU tipo" ISBN: 978-84-697-0481-3.
- Ponencia en la Jornada de Buenas Prácticas en Formación Profesional. Centro de Profesorado de Málaga. Junio 2016. "Integración de la Realidad Aumentada en la práctica docente del CFGS de Proyectos de Edificación". Fig. 7.
- Ponencia en la Exposición de Actividades de Proyectos de Innovación Educativa, de 3 horas se duración, pertenece a la asignatura "Innovación Docente e Iniciación a la Investigación Educativa" del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas por la Universidad de Málaga.



Fig. 7 Divulgación del trabajo

Cursos

- Ponente en Curso: Google SketchUp. CEP Málaga, 20 horas. 2012.
- Ponente en Actividad de formación de Grupo de trabajo: Iniciación a Google SketchUp. CEP Granada, 9 horas. 2012.
- Ponente en Actividad de formación de Grupo de trabajo: Arte y Escuela. CEP Vélez-Málaga, 5 horas. 2013.
- Ponente en Curso: Taller Realidad Aumentada. CEP Málaga, 9 horas. 2015.
- Asistente a Curso: Aplicaciones educativas de los códigos QR y la Realidad Aumentada. Associació ESPIRAL. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya, 15 horas. 2013.

Difusión en jornadas y medios de comunicación

Se ha realizado la difusión del proyecto realizando, además de la asistencia a los congresos anteriores donde se realizó una ponencia explicando el mismo, efectuando una demostración sobre RA en Malakabot 2015, Jornada organizada por el IES Politécnico Jesús Marín, sobre impresión en 3D, Realidad Aumentada y campeonatos de robótica, donde se convocaron a más de 500 personas de toda España. En prensa en: Las máquinas que cobran vida:

<http://www.malagahoy.es/article/malaga/2023753/las/maquinas/cobran/vida.html>



Fig. 8 Blog del Dto. Edificación y Obra Civil



Fig. 9 Blog del Proyecto Gutenberg3D

Difusión en la red

- Se ha procurado realizar las publicaciones referentes a los pasos realizados referentes al proyecto en el blog del departamento de Edificación y Obra Civil del IES Politécnico Jesús Marín, Málaga. Fig. 8. <http://edificacionpolitecnico.blogspot.com.es/> y de las publicaciones realizadas en la web del departamento de Expresión Gráfica, Diseño Y Proyectos de la Universidad de Málaga.

- Se ha realizado también otras publicaciones correspondientes al proyecto Gutenberg3D en el blog correspondiente al mismo. Fig. 9. <http://gutenberg3D.blogspot.com.es/p/proyecto-gutenberg3D-en-los-medios-de.html?m=1>

- Se ha promocionado la actuación que realizan los I.L.S.E., (intérpretes de la lengua de signos), en del departamento de edificación y obra civil, emitiéndose el día 10/06/2015 en el programa de la Radio Televisión Andaluza, Andalucía directo. Véase Fig. 10 (<https://youtu.be/37Hh5dHW71s>)

- Visita de la Consejera de Educación de la Junta de Andalucía, Adelaida de la Calle, al IES Politécnico de Málaga para conocer el proyecto Gutenberg3D. Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13 y Fig. 14.



Fig. 10 Grabación del reportaje de Andalucía Directo

1.12. Participación en proyectos de mejora del aprendizaje

Durante el periodo que abarca la realización de la tesis el programa se ha pertenecido a un Proyecto de mejora del aprendizaje del alumnado y un grupo de trabajo que a continuación se detallan:

Título del proyecto de investigación: Gutenberg3D

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia. Gobierno de España. Secretaría de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades.

Duración: Año 2015.

Responsable: Fulgencio Bermejo Navarro.

Participantes: 111 profesores de 11 centros de secundaria de todo el país, entre los que se encuentra el IES Politécnico Jesús Marín.

Presupuesto: 150.000 Euros.

Objetivos del proyecto: Este proyecto pretende la mejora del aprendizaje del alumnado de distintas etapas debido a su tratamiento multidisciplinar, incorporando el uso de las impresoras 3D en la práctica docente.

La parte que se ha llevado a cabo trata sobre la realización de maquetas arquitectónicas y modelado de terrenos con impresora 3D, así como la utilización de la Realidad Aumentada como herramienta de aprendizaje. Para ello, se ha utilizado metodologías que favorecen la adquisición y desarrollo de las competencias del alumnado de forma integral, actualizando y desarrollando la competencia digital, y atendiendo de forma personalizada a la diversidad del alumnado.

Título del grupo de trabajo: Integración de la Realidad Aumentada en la práctica docente

Entidad financiadora: Consejería de Educación. Junta de Andalucía. España.

Duración: Curso 2013-2014.

Responsable: Francisco Javier Ayala Álvarez.

Participantes: 14 Profesores del IES Politécnico Jesús Marín.

Objetivos del proyecto: Este proyecto trata de dinamizar mediante RA la interacción del alumnado con la información gráfica que se está presentando en cada una de las disciplinas, haciéndole participe de sus contenidos, centrando la atención del alumno en el objeto presentado, para conseguir así que el alumno sea un sujeto más activo en el proceso de enseñanza aprendizaje, aumentando su interés por la materia que se presenta y, por tanto, mejorando los resultados académicos.



Fig. 11 Especial La opinión de Málaga 17/02/2016



Fig. 12 La Vanguardia 05/02/2016



Fig. 13 La opinión de Málaga 06/02/2016



Fig. 14 Delegación de Educación en Málaga 05/02/2016

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

Teniendo en cuenta el tema a tratar procederemos en este apartado a la introducción de conceptos relacionados con el estudio que va a llevarse a cabo, como son: los modelos tangibles digitales y sus características, la Realidad Aumentada y la capacidad espacial, observando una relación no exhaustiva de estudios en distintas áreas de conocimiento en los que se ha observado la influencia de los modelos 3D en el aprendizaje y en esta capacidad espacial.

Otros elementos relacionados con el estudio que han servido de base a su planteamiento son la Taxonomía de Bloom, el método motivacional ARCS, el método Bipolar Laddering y la Usabilidad.

2.1. Los modelos 3D en el aprendizaje

Desde muy antiguo el aprendizaje de cualquier materia ha requerido de ayuda de elementos auxiliares para facilitar dicha tarea. Véase el caso de la utilización de libros apuntes, elementos gráficos, modelos, y más modernamente, con la introducción de las tecnologías de la información y comunicación, se ha introducido el uso de ordenadores y programa con aplicaciones específicas.

No es de extrañar por tanto que se introduzcan en el sistema educativo los últimos avances producidos. Nos referimos a aplicaciones de las TIC que forman parte de nuestra vida cotidiana y de la de los alumnos que las usan con total cotidianidad, siendo algo básico para ellos. Es por ello, por lo que estos instrumentos se muestran como elementos atractivos puesto que son versátiles, interactivos y poseen un potencial gráfico difícilmente superable.

Por tanto, se piensa que la introducción de elementos tridimensionales para el aprendizaje de la Expresión Gráfica de los mismos puede ser un gran complemento en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Dentro de todas las soluciones presentadas para la visualización de modelos 3D (SKP, PDF3D y RA), la Realidad Aumentada es la más desconocida, puesto que las otras dos se trata de la visualización de dichos modelos a través del programa de diseño gráfico Trimble SketchUp [23] y en el caso de los modelos PDF3D una forma de visualización de los mismos dentro del programa Adobe Acrobat 9 Pro Extended [24].

Se va a proceder a comentar los fundamentos de la Realidad Aumentada y de los modelos tridimensionales tangibles digitales en el aula.

2.1.1. Modelos tridimensionales tangibles digitales

Los modelos 3D son ayudas que pueden facilitar el aprendizaje y que pueden presentarse tanto de forma física, como de una manera virtual. Por tanto, las categorías de modelos 3D son:

1) **Físicos**, se materializan en maquetas o piezas formadas por cualquier material en el mundo real que pueden ser manipuladas por los estudiantes para experimentar y visualizar conceptos relacionados con la Expresión Gráfica.

2) **Virtuales**, representaciones digitales de la realidad presentados a través de aplicaciones informáticas en dispositivos electrónicos, se puede nombrar los facilitados a través de SketchUp, PDF3D, RA. También pueden ser manejadas por los estudiantes con el mismo objetivo de los primeros.

Los modelos tangibles físicos han sido utilizados en varias disciplinas y presentan el problema de “que las piezas que lo componen son caras, pesadas y difíciles de gestionar en entornos escolares” [25]; además de ser difícil la obtención de modelos específicos que muestren las distintas actividades planteadas, puesto que no existen comercialmente para las finalidades educativas buscadas.

En diversas investigaciones se ha planteado el desafío de la sustitución de los modelos tangibles físicos por digitales con los que ser capaces de poder interactuar mediante las nuevas tecnologías disponibles de forma análoga a la de proceder con dichos modelos físicos [26], puesto que si bien estos ambientes digitales no reemplazan a los objetos reales, al menos su manejo manual es muy similar al realizado con los elementos físicos [27]. Este es además un aspecto importante: la sensación de presencia; es decir, los alumnos tienen una experiencia real y lo recuerdan como un evento real, de forma que las conexiones con los conocimientos, es más fuerte [28].

Además, según el cono de aprendizaje de Edgar Dale [29], véase Fig. 15, en su base se muestran la forma en la que los aprendizajes son más profundos y que se fijan mejor que son, por lo tanto, los que favorecen estos modelos 3D que se plantean en esta experiencia, puesto que permiten que las actividades se realicen de una manera directa por parte del alumno. Bien es conocido que el aprendizaje es más significativo cuando se hace que cuando se escucha, lee o escribe.

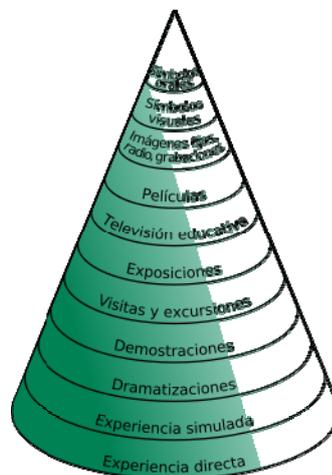


Fig. 15 Cono de aprendizaje de Edgar Dale [30]

Los modelos tangibles digitales tridimensionales mostrados es la manera de bajo costo que permite seguir el problema planteado, mostrando conceptos interactivos que, de otra manera, son difíciles de ser visualizados en imágenes estáticas.

En el caso que nos ocupa, con los modelos tridimensionales se logra que los estudiantes logren visualizar los ejercicios propuestos en 3D en los problemas que han sido presentados en 2D. Esta visualización es fundamental, puesto que llegar a visualizar estos elementos significa entenderlos y comprenderlos tridimensionalmente a través de su representación bidimensional, para una posterior actuación sobre los mismos, ya sea de

trabajo con los elementos gráficos representados o de deducción de magnitudes relacionadas. Así el estudiante puede validar los resultados obtenidos, numéricamente o a nivel gráfico, que de otra manera sería difícil de lograr.

Puede determinarse a priori las limitaciones que presentan algunos de los medios tradicionales respecto de los virtuales a la hora de presentar la información.

Respecto de los dibujos realizados en la pizarra hay que decir que son útiles, aunque tienen la limitación de la habilidad del dibujante y marcan un ritmo demasiado lento. Los modelos físicos en 3D, son caros, necesitan mucho tiempo de realización y espacio para almacenarlos.

Algunas de estas restricciones afectan también a los medios de presentación virtual de la información en 3D, basados en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), aunque presentan la ventaja de usar un lenguaje visual muy cercano para los alumnos, puesto que es acorde con el utilizado normalmente por el mundo audiovisual.

Actualmente en la sociedad de la información y tecnolúdica en la que estamos, (personas en edad adulta que recuperan la actitud lúdica), el alumnado convive con gran cantidad de pantallas: el reloj, el smartphone, la tablet, el ordenador, la televisión,... viven rodeados de gran cantidad de estímulos.

Hay que aprovechar el gran desarrollo que se ha producido en los últimos años en los dispositivos electrónicos, tanto a nivel de hardware como de software, lo que ha provocado un aumento en las prestaciones que pueden proporcionar y que va en crecimiento.

En consonancia con lo anterior, *“los métodos de aprendizaje deben evolucionar y adaptarse a las nuevas tecnologías que los estudiantes están acostumbrados a usar, así el aprendizaje se beneficiará [31]”*, es decir, no se puede despreciar este potencial tecnológico que a nivel educativo tienen sobre los alumnos que presentan perfiles de “nativos digitales” de una forma acusada, puesto que, como puede observarse poseen una gran cantidad de dispositivos electrónicos, y hacen un continuo uso de ellos, ya sea directamente, o a través de Internet.

Sin olvidar que es precisamente este gran dominio que poseen los estudiantes de los dispositivos electrónicos el que hace que, por un lado, la acojan más gratamente puesto que su uso es apreciado como un incentivo, y que, por otro, el trabajo con las TIC en las aulas se realice de una forma autónoma desde el primer día.

Sin embargo, este consumo se realiza siempre la misma dirección actuando como meros consumidores pasivos de información y no produciendo la misma.

Se ha de pasar de usar las TIC en el aula de una manera expositiva que solo conlleva la transmisión de información a otros enfoques activos de aprendizaje [32]. Se han de utilizar metodologías activas que hagan del estudiante el protagonista del proceso de enseñanza aprendizaje, utilizando diferentes estrategias, pero siempre coherentes con los intereses y necesidades del alumnado [33].

Así estos elementos tridimensionales se convierten en un importante complemento para el aprendizaje para contribuir a mejorar la visión abstracta mediante la visualización de elementos complejos, lo cual es ventajoso porque así se convierte en el protagonista de su propio conocimiento en contraposición con la con otras metodologías educativas tradicionales en la que el proceso formativo fluye unidireccionalmente desde el profesor hacia del estudiante, que se convierte en el mejor receptor.

Con este trabajo se ha desarrollado un prototipo basado en modelos tridimensionales que permite involucrar de forma activa al alumnado durante el proceso de aprendizaje, mejorando el ciclo del proceso de formación, lo que representa un salto cualitativo y funcional muy importante para el desarrollo de las actividades de formación, ya que se sabe que metodologías más dinámicas han probado un aumento las capacidades recreativas de los estudiantes porque es más fácil recordar información en un ambiente conocido que ellos puedan manejar [34].

Así, por un lado, mediante el trabajo con los modelos digitales, visualizados con los dispositivos del alumnado, se le transfiere el protagonismo de su aprendizaje, logrando un aprendizaje significativo; y por otro, podemos afirmar que se ha invertido esta tendencia de consumo pasivo convirtiéndola por otra más activa y creativa ya que dentro de las actividades de aula existe una propuesta de desarrollo de prácticas lo cual los convierte en verdaderos protagonistas de su proceso de aprendizaje.

Sin embargo, y aunque el alumnado esté acostumbrado al uso de la TIC, hay algunas investigaciones que sugieren que el profesorado hace escaso uso didáctico de estas tecnologías [35]. Se piensa que se produce porque no es fácil la incorporación de innovaciones tecnológicas en los ambientes de educativos [36], ya que supone un esfuerzo de planificación, preparación y puesta en marcha de la práctica docente [37].

Sin embargo, es muy importante que se sepan aprovechar el potencial de estas TIC para el desarrollo de sus capacidades y realizar la inserción de las mismas en la práctica docente, para así mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje a través de la innovación educativa "*sustentada en enfoques activos y la integración de las tecnologías de la información y comunicación*" [38] Haciendo un uso eficiente de las TIC en contextos cambiantes ya sea individualmente o en grupo [39].

Por lo tanto, es indispensable la introducción eficiente [40] de estos recursos TIC en el aula, con el fin de estar acordes con el nivel digital del alumnado, que de otra manera sienten un gran desinterés, puesto que lo ven como algo normal de usar [41] y que debería estar presente de forma habitual.

Según Reeve [42], la motivación constituye un elemento fundamental e imprescindible para lograr los objetivos propuestos, sobre todo en el proceso de enseñanza aprendizaje. Tradicionalmente ha existido una gran separación entre los aspectos cognitivos y los afectivos motivacionales a la hora de estudiar su influencia en el aprendizaje. Sin embargo, se puede afirmar que, para tener buenos resultados académicos, los alumnos necesitan poseer tanto voluntad como habilidad, lo que conduce a la necesidad de integrar ambos aspectos [28].

Hay que aprovechar estos elementos audiovisuales que tienen un gran potencial motivador [43], y de fomento de la atención gracias a que nos dejan interactuar con diversas aplicaciones simultáneamente, a su facilidad de uso, a su diseño atractivo y a las posibilidades de personalización de los entornos, las herramientas y estrategias de aprendizaje [44].

No hay que olvidar sin embargo, las competencias como finalidades de aprendizaje, siendo el estudiante el centro del mismo y el que debe "aprender a ser competente"[46], y el profesor el que determine la metodología y los materiales didácticos y tecnológicos de trabajo para que en esos aprendizajes se alcancen dichas competencias [46].

En cuanto a las competencias curriculares de la asignatura. La tecnología en estudio posibilitan el desarrollo de ciertas de ellas ya que el material diseñado permite la interacción y el entrenamiento con los modelos tridimensionales, creando experiencias colaborativas; además, *“puede mejorar el aprendizaje, particularmente aquel que requiera de habilidades espaciales y en los que suponga un reto traducir conceptos 2D a 3D”* [28].

Por otro lado, el profesor ha de lograr el objetivo de que los alumnos desarrollen las competencias fijadas en el currículum y que son tan precisas en el mundo profesional, con un punto de vista más cercano a la realidad. Por ello, con los modelos 3D se consigue que los alumnos consigan comprender, integrar, relacionar y aplicar los conocimientos en contextos reales [33], sin que puedan producirse aquellos riesgos posibles en un entorno real, por lo tanto, se propicia el trabajo en clase en un entorno seguro.

En cuanto a las competencias digital, el uso de las TIC en el aula ha de realizarse no individualmente como algo ajeno al aula, sino que se han de integrar en la misma como una herramienta para la comunicación normal en las relaciones educativas para así favorecer dicha competencia digital entendida como que *“no es una competencia técnica, sino una competencia comunicativa, que permite comunicarnos a través de los medios”* [47]. Y si se sigue lo establecido por Artigal que afirmaba que *“contar cuentos enseña lengua al que los cuenta”* [48], se puede afirmar que comunicarse efectivamente con la tecnología se logra tras interactuar usando dichos medios con las herramientas digitales adecuadas, que en este caso serían los modelos tangibles digitales y la RA.

El trabajo con todo este material tridimensional y la muestra final del proyecto realizado utilizando dichas tecnologías ayuda a aumentar dicha competencia digital, al tener que *“buscar, encontrar, producir, publicar y compartir información”* [48], porque los modelos realizados a lo largo del curso posee valor añadido, ya que posteriormente pueden ser utilizados en el aula por alumnos de cursos sucesivos.

Por otro lado, respecto a la disponibilidad tecnológica, no presentan grandes inconvenientes respecto a las aulas de informática, requiriendo eso sí la compra adicional de cámaras en clase. Respecto de la tecnología móvil a aplicar la consideramos experimental, es por lo que sólo se van a tener en cuenta los que poseen los propios alumnos, ya que reúnen los requerimientos de hardware para su implementación. No estaría de más, de todas maneras, debido a que puede haber parte del alumnado que no dispongan de ellos, que lo centros educativos dispusieran de algunos dispositivos en las aulas con el objetivo de no crear ninguna diferencia entre ellos.

El planteamiento, por tanto, es el de usar de una manera práctica y efectiva los modelos tridimensionales en el aula, donde el alumnado pueda manejar y apreciar visualmente los diferentes modelos tridimensionales de forma interactiva, ya que esa práctica manipulativa, esa experiencia y esa participación del alumnado en su proceso de enseñanza aprendizaje estimula sus procesos educativos [49], o sea, se debe buscar la forma en la que combinar los elementos disponibles, emplearlos de forma conjunta y obtener así el mejor rendimiento posible [50]

Como puede verse, en estas dinámicas de aula el profesor queda más libre, no tan atado a la posición tradicional, pudiendo ejercer más interactivamente su labor docente; y por otro lado, el uso de esta nueva tecnología aumenta el rendimiento y la satisfacción de los discentes ya que el docente usa diferentes dinámicas de clase y distintos y variados

recursos, que se adaptan a la idiosincrasia de sus alumnos, que poseen distintos estilos de aprendizaje.

Estamos ante *“un cambio de paradigma centrado el eje de enseñanza sobre el aprendizaje autónomo del alumno”* [51] que provoca un cambio didáctico dentro de clase.

Con ellos se deben *“favorecer la autonomía del aprendizaje, motivar la indagación, a estudiar y a mantener la atención de los estudiantes, relacionar la experiencia con los objetivos con los conocimientos que van adquiriendo, favorecer el logro de los objetivos, presentar información adecuada, motivar el proceso de pensamiento con actividades inteligentes y propiciar la creatividad”* [28]

Los modelos 3D propuestos son sencillos posibilita que los alumnos accedan a los contenidos gráficos de una manera visual, natural, rápida y autónoma y donde el alumno puede experimentar interaccionando con el entorno práctico a través de un simple dispositivo [52].

Se deberá tener en cuenta que deben aprender a manejar la aplicación además de efectuar las tareas planteadas. Por eso, en este caso se ha ido potenciando que el alumno se familiarice gradualmente con la herramienta para que en un paso posterior se pueda desarrollar la actividad prevista [53].

Por otro lado, la tecnología, por su parte, es fácil de usar y de aprender, lo cual favorece el aprendizaje y no lo condiciona al medio gracias a su apariencia visual e intuitiva. Además, en este caso, el lenguaje escrito o el idioma no implica ninguna restricción por lo que puede ser utilizado fácilmente por alumnos que tengan un dominio parcial de la lengua o problemas de audición.

Además, por medio de estos modelos tangibles digitales y con los presentados a través de la Realidad Aumentada, los estudiantes pueden observar con los elementos representados desde diferentes puntos de vista, así como en algunos casos ver las vistas ortográficas del objeto con un solo clic. Por otro lado, se permite al alumno interactuar con ellos con giros, zoom, modificando la transparencia y apariencia, así como realizándole secciones, en algunos casos.

Por otro lado, Francisco Mora afirma que *“aprendemos a través de la interacción con el entorno y la emoción”* [54], es por ello por lo que se piensa que la utilización de modelos 3D por varias vías soportarán el proceso de enseñanza aprendizaje puesto que éste se ve favorecido, por un lado, si se plantean entornos de aprendizaje tan ricos como nos sea posible, aumentando la información que dicho entorno propone; y que generando en el alumno una emoción positiva, *“un estímulo inicial que resulte interesante y novedoso, que despierte su curiosidad, ..., foco necesario para la creación de conocimiento”* [54] aunque sin limitarse únicamente a la parte sensacionalista de los elementos empleados, del posible gancho que pueda surgir, llamando la atención del alumnado.

En general, podría reseñarse las siguientes ventajas que conllevan la solución elegida que supone un avance a priori y que se caracteriza por ser:

- **Observable.** Procesos grandes se pueden escalar a un dispositivo de sobremesa.
- **Visual.** Los estudiantes pueden ver los modelos 3D en frente de sus ojos.
- **Neutro.** Facilita el aprendizaje. Tiene un lenguaje neutro. Fácilmente utilizable con alumnos sordos o con otros idiomas.

- **Accesible.** El ritmo de trabajo lo pone el usuario y los modelos 3D se adaptan a las distintas necesidades o limitaciones del mismo. Cualquier persona puede manipularlos.
- **Interactivo.** Los estudiantes pueden manipular con una gran variedad de formas en la puesta en marcha y funcionamiento del experimento.
- **Dinámico.** Fomentando así el aprendizaje activo ya que no se limita únicamente a ver imágenes planas bidimensionales.
- **Disponible.** Está disponible en la plataforma Moodle del Centro y una vez que el usuario los descarga, los puede usar en cualquier momento.
- **Manipulable.** Se puede ver desde los distintos puntos de vistas aplicando giros o cortes si es necesario.
- **Pedagógico.** Potencia el análisis y la reflexión. Los estudiantes pueden entender mejor la correspondencia entre las dos y las tres dimensiones cuando participan en un experimento con modelos.
- **Original.** En cuanto a herramientas TIC empleadas.
- **Económico.** Es más barato que realizar maquetas. Con la visualización de los modelos 3D virtuales se minimizan los costes, tanto económicos como humanos, (esfuerzo por parte de profesores y alumnos).
- **Almacenable.** No ocupan gran espacio. En lugar de ocupar grandes espacios, los modelos digitales pueden guardarse de manera digital fácilmente.
- **Reproducible.** Pueden obtenerse modelos físicos de los anteriores, exportando los modelos a un formato *.stl, imprimiéndolos en una impresora 3D.
- **Versátil.** Pueden mezclarse distintas visualizaciones tridimensionales utilizando distintas tecnologías e incluso visualizándose en distintos dispositivos portables (móviles, tablets,...)
- **Ubicuo.** Permite el aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar, facilitando las tareas de e-learning.
- **Atractivo:** Pudiendo éste en todo momento centrar su atención en cualquier parte de los elementos presentados, atrayendo su interés de forma visual y kinésica, al manipular con sus manos los objetos 3D, participando así de forma activa en el proceso de comunicación.

Se les suponen además los siguientes beneficios:

- Muestran más realidad que sus correspondientes representaciones planas.
- Establecen una vinculación entre las representaciones bidimensionales y la realidad a través de las representaciones tridimensionales, cargando de significado a las representaciones aportadas.
- Enlazan la enseñanza de lo geométrico con lo matemático, encadenando los cálculos numéricos.
- Abrevian y facilitan la exposición de problemas antes de ser comprendidos.
- Permiten el razonamiento mientras los estudiantes manipulan los elementos tridimensionales en el dispositivo electrónico y las representaciones planas que les corresponden.
- Tutorizan los ejercicios realizados por los alumnos.

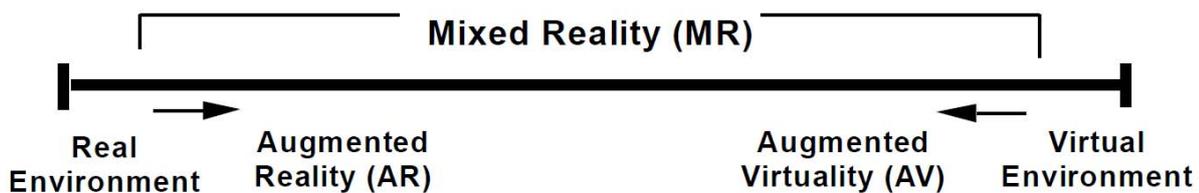
2.2. Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada (RA) [55] “es la superposición de información virtual sobre entornos reales a partir de una aplicación informática”, por lo tanto, Bayonet et al. [56] afirman que es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por el ordenador. Se superpone así la información digital sobre escenas reales permitiendo aumentar nuestra percepción del entorno.

Aunque el primer sistema de RA se creó en 1968 por Ivan Sutherland [57], debido a las restricciones tecnológicas de la época no fue hasta 1992 cuando se ve el primer gran avance en este tema. En ese momento se acuñó por primera vez el término de Realidad aumentada por Thomas Caudell y David Mizell [58], cuando siendo en aquellos momentos ingenieros de Boeing concibieron un casco denominado HMD (Head Mounted Display), que utilizaba la tecnología de RA, de tal manera que gracias a la proyección de imágenes sobre un “display” muy cercano a los ojos, facilitaba a los trabajadores su tarea en los procesos de fabricación y mantenimiento, ya que se podía visualizar información complementaria a través del mismo.

En 1996, Rekimoto [59] muestra un sistema de marcas bidimensionales que faculta el seguimiento de la cámara con seis grados de libertad.

En 1997 Azuma [60] muestra su primer estudio sobre RA y se comienzan las primeras aplicaciones sobre RA [61]. Sin embargo, no fue hasta 1999, tras la creación por Kato y Billinghurst [62] de ARToolkit [63], un software que posee un conjunto de librerías de distribución libre que habilita a los usuarios a crear aplicaciones de RA, lo que permitió que la RA fuese más cercana al gran público. A partir de ese momento aparecieron, entre otras, MXRToolKit [64], ARTag [65], Studierstube [66], OSGAR [67], AMIRE [68], ... software muy utilizado en el campo científico.



Reality-Virtuality (RV) Continuum

Fig. 16 Milgram-Virtuality Continuum [70]



Fig. 17 Milgram-Virtuality Continuum [71]

El concepto de realidad mezclada (Mixed Reality) fue definido por primera vez por Milgram et al. [69] dentro de la realidad de Milgram-Virtuality Continuum, y en ella se combinaría lo real y lo virtual, de tal manera que en función de la cantidad de objetos virtuales añadidos a la escena real y que gestiona el ordenador propone una clasificación que puede verse en la Fig. 16 y Fig. 17, en la que si se fuera de izquierda a derecha aumentarían los elementos virtuales dentro del entorno real y si se desplazase en sentido inverso, los que aumentan son los elementos reales dentro del entorno virtual.

Es decir, en la Realidad Aumentada el usuario puede interactuar con el mundo real que le rodea y con todos los objetos virtuales (modelos 3D, animaciones, videos, textos) generados por ordenador añadidos al mismo.

En contraposición existe la realidad virtual, donde el usuario de la aplicación interactúa con elementos reales y obtiene respuesta del mundo donde está inmerso que es totalmente sintético.

Por lo tanto, las aplicaciones de Realidad Aumentada complementan la realidad, pudiéndose mostrar al usuario un espacio común donde los objetos virtuales y reales coexisten de una forma perfecta.

Una de las definiciones comúnmente aceptadas en la realizada por Ronald Azuma [60] en la que se explica que la Realidad Aumentada es una tecnología que contiene simultáneamente tres características:

- Combinación de lo real y lo virtual
- Interactividad en tiempo real
- Registro tridimensional

Elementos que desde un punto de vista tecnológico caracterizan a las aplicaciones de Realidad Aumentada como reseña González Morcillo et al. [70].

Se puede comparar la Realidad virtual (RV) [71] y la Realidad Aumentada (RA). Ésta última complementa la percepción con el mundo real, puesto que permite la visión del entorno real aumentado con objetos 3D generados por ordenador [72]. También se aumenta la interacción, ya que el usuario puede ver sus propias manos, mientras que en la RV solamente simula la experiencia [73].

Además, la RA es más barata y puede realizarse más rápidamente que la RV, ya que en RA la escena principal es el mundo real, por lo que no hay que generarlo, mientras que por el contrario en la RV la escena principal es virtual. Además se señala el sentido de presencia que tiene la RA y que es clave en comparación con los entornos virtuales o simulados, los cuales carecen de él.

Por otra parte, es cierto que la Realidad Aumentada es más fácil que usar que la realidad virtual de modo que esto la hace más fácil de utilizar en las aulas y en los laboratorios docentes [29], por ello, el mundo académico no está al margen de estas iniciativas que permiten ampliar la información disponible sobre cualquier elemento que nos rodea, gracias a un PC de mesa con una aplicación específica o a un dispositivo móvil junto con una app que lo permita.

Además es necesario de algunos elementos activadores para que el software pueda mostrar dicha información, en función del tipo de activador se distinguen los siguientes tipos [74], Tabla 2:

Tabla 2 Niveles y tipos de Realidad Aumentada [44] [75] [76]

Niveles de Realidad Aumentada		
Nivel 0: Hiperenlace con el mundo físico. Códigos QR	Como activadores de la información asociada a un elemento, mayoritariamente hipervínculos, pero también texto, SMS, VCards o números de teléfono.	
Nivel 1: Marcadores	Formas geométricas sencillas, generalmente cuadrados de color negro impresos en papel con una forma en su interior que ayuda a su diferenciación. Permiten la superposición de formas geométricas en 3D, videos,...	
Nivel 2: Sin marcadores, reconocimiento de imágenes y objetos (Markerless)	Imágenes como activadores: fotografías, dibujos que contienen activadores (markerless). Tecnología visual search. Objetos o personas que son reconocidos como tales y que activan la información de la RA RA Geolocalizada , activada mediante GPS	
Nivel 3: Visión aumentada	Es lo que parece que puede ser el futuro de la RA. En esta categoría tenemos por ejemplo las gafas de Google o las Galaxy Note 4 de Samsung.	

En el caso que nos ocupa haremos uso del nivel 1 de Realidad Aumentada basada en marcadores para mostrar elementos tridimensionales, la cual no necesita de muchos requerimientos técnicos, sirviendo para llevar a cabo la misma además del marcador activador de la RA, de un dispositivo con [77]:

- Una **cámara o webcam** que capte la imagen del entorno.
- **Software de Realidad Aumentada** que permita superponer contenido digital sobre la escena real.
- **Microprocesador** con capacidad de procesamiento para modificar la señal de vídeo que se entrega a la pantalla.
- **Un monitor o pantalla** donde visualizar la imagen real tomada por la cámara combinada en tiempo real con el contenido digital.

Por lo tanto, se puede llevar a cabo con un ordenador de mesa, una tablet o un smartphone.

El fundamento del sistema consiste en que el potencial usuario porte un código o patrón llamado marcador fiducial. Al ser reconocidos dicho marcador por el sistema operativo del dispositivo al ser captado por la cámara del dispositivo electrónico a través de la aplicación correspondiente de RA, éste dispositivo lo muestra a través de la aplicación de la Realidad Aumentada, acoplado sobre la visualización del marcador en pantalla el volumen tridimensional deseado previamente diseñado y asociado al patrón previamente.



Fig. 18 Funcionamiento de Realidad Aumentada con marcadores [78]

Por tanto, se ven en la pantalla del dispositivo, la “realidad”, el mundo real, más sobre impresionándolo en tiempo real y en 3D, el objeto virtual creado que se le ha indicado al programa: se obtiene la “Realidad Aumentada”. La perfección final que tiene el usuario final es de ambos ambientes superpuestos [79], véase Fig. 18 y Fig. 19. Pudiéndose utilizar como dispositivo para visualizar la escena real con los objetos virtuales superpuestos, un ordenador, fijo o portátil, una pizarra digital, un proyector, un móvil, una tableta o similares.

Para realizar una experiencia de RA con marcadores basta imprimir el marcador, conectar la webcam e iniciar la aplicación de RA situando el marcador delante de la cámara [80]. Hay que tener en cuenta el no cubrir el área negra del marcador y evitar las condiciones extremas de iluminación [78].

Como afirma Portalés en su estudio sobre los entornos multimedia de RA, *“la utilización de marcas de patrones planos permite una interacción tangible, ya que los objetos virtuales, al estar relacionados con marcas físicas, pueden ser literalmente cogidos con las manos para manipularlos de una forma natural (se pueden girar, mover, acercar o alejar), emulando incluso la manera en que sus correspondientes objetos reales son utilizados; El diseño de interfaces sencillas hace más natural la comunicación persona-computador, permitiendo incluso que personas no familiarizadas con los ordenadores puedan interactuar con el sistema [81]”*



Fig. 19 Uso de la Realidad Aumentada

Varios ejemplos se dan para la visualización de elementos utilizando esta tecnología donde el trabajo y el desarrollo de proyectos está presente de alguna manera y con diferentes finalidades, como la servir de guía para los sitios arqueológicos [82], mejorar la seguridad en las operaciones de excavación urbanas [83], planificar y analizar proyectos de construcción de carreteras [84], reconocer rápidamente los daños de un edificio tras un daño del terreno que lo circunda [85], prevenir de daños e intervenir en el mantenimiento de infraestructura subterránea [86], simular actividades de construcción en el exterior [87], simular las actividades de construcción industrial en tareas como diseño, excavación,

colocación, inspección, coordinación, supervisión [88], planificación de zonas urbanas [89],...

Por otro lado, Telefónica [90] a través de su informe sobre “Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo”, afirma que este elemento será el modo de percibir el mundo a partir de la próxima década y la educación no puede ser ajena a esta realidad. De hecho varios artículos, [91] [92] [93] [94], la resaltan como una de las más prometedoras tecnologías que impactaran en educación en los próximos años, gracias a mejores aplicaciones de software y costes de hardware menores.

Acorde con esta tendencia el informe anual Horizon que proporciona una previsión de las tecnologías emergentes que tendrán un impacto en el aprendizaje en la educación superior en los próximos, incluye en su informe de 2014 [95] los contenidos 3D entre las tendencias educativas a tener cuenta, así como el uso de los propios dispositivos de los estudiantes (smartphone y/o tabletas digitales), con app educativas gratuitas, como una opción alternativa clases tradicionales, tendencia denominada BYOD (Bring Your Own Device). Otras tendencias destacadas en el informe de 2015 [96], son las posibilidades ofrecidas por las impresoras 3D para convertir ideas y modelos en objetos reales, gracias a las aplicaciones web de modelado tridimensional. (Makerspace o Fab-Lab (Fabrication Laboratory)). En el informe de 2016 [97] se recalca la flexibilización de los entornos de aprendizaje gracias a la utilización de todo tipo de dispositivos.

Este mismo informe ya insistía desde su publicación de 2010 [98], que la RA es una de las tecnologías emergentes en educación destinada a revolucionar el proceso de aprendizaje; hecho constatable en la gran cantidad de aplicaciones surgidas en estos últimos años usando esta tecnología con fines educativos.

La Realidad Aumentada en la educación la encontramos diferenciada en dos grupos, la Realidad Aumentada por reconocimiento y la Realidad Aumentada por geolocalización [99]. Dentro del primer bloque, sin embargo, es evidente que la Realidad Aumentada basada en marcadores es la que tiene más posibilidades de desarrollo a nivel docente puesto junto con la tecnología visual search, (asocia información a determinadas imágenes que actuarán como marcadores de RA) [100] ya que, por ejemplo, es muy difícil por su elevado costo el uso de forma generalizada en la docencia de la visión aumentada con gafas especiales.

Se ha consultado una recopilación realizada por Cubillo [101], reflejada en la Tabla 3, de herramientas para el desarrollo de experiencias con Realidad Aumentada, en la que se detallan el tipo de licencia que ofrecen, así como los conocimientos de programación necesarios para utilizarlas.

Sin embargo, según nos detalla su autor no todas son apropiadas para el uso educativo, o se enfocan en el aprendizaje de un tema específico, o no permiten la actualización de información existente de manera fácil o añadir nuevos contenidos.

Como puede observarse la tecnología de RA evoluciona y su uso es cada vez más fácil. En particular, para el caso que nos ocupa, se ha elegido la aplicación Aumentaty© [102], puesto que no requiere conocimientos de programación para crear los contenidos en RA, y es intercambiable con modelos 3D creados previamente con SketchUp de una manera sencilla.

Este manejo y desarrollo de objetos 3D, para ser empleados posteriormente, es precisamente uno de los hándicap señalados por distintos profesores para llevar a cabo experiencias con RA en el aula, [103] que en nuestro caso, debido a nuestra disciplina, la Expresión Gráfica, queda completamente minimizado. Para ello se ha utilizado el programa SketchUp, pero no se han podido utilizar las bibliotecas de modelos 3D que posee, puesto que no se han adaptado a nuestras necesidades, es por lo que se han tenido que crear dichos elementos específicamente uno por uno para los ejercicios propuestos.

Tabla 3 Lista de herramientas para el desarrollo de Realidad Aumentada [103]

Programa de creación de Software	Tipo de Licencia	Habilidad en programación
Argon	Licencia Comercial	SI
ARToolKit	Código Abierto. Licencia comercial disponible	SI
AR-media Plugin for SketchUp	Comercial / Uso libre	NO
ArUco	BSD licencia	SI
ATOMIC Authoring Tool,	Código Abierto	NO
Aumentaty	Comercial / Uso libre	NO
Aurasma	Comercial / Uso libre	NO
Augment	Comercial / Uso libre	NO
BuildAr	Código Abierto. Licencia comercial disponible	NO
DroidAR	Código Abierto	SI
FLARToolKit and FLARManager	Código Abierto	SI
Junaio	Comercial / Uso libre	NO
Layar	Comercial / Uso libre	NO
LinceoVR	Licencia Comercial	NO
Metaio SDK	Comercial / Uso libre	SI
Metaio Creator	Licencia Comercial	NO
Mixare	Uso libre	NO
NyARToolkit	Código Abierto	SI
SLARToolkit	Código Abierto	SI
Total Immersion-D'Fusion Studio	Licencia Comercial	SI
Wikitude	Licencia Comercial	NO
VYZAR	Licencia Comercial	Tiene 2 opciones

Otras de las razones pueden ser:

- **Desconocimiento de su existencia.** Tanto por profesores como por alumnos, aunque cada vez es más conocida y es más frecuentes la divulgación entre los docentes por los centros de profesorado en sus actividades de formación, colectivos como Espiral [104] (interesado en la promoción y la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a la educación) [105] y por proyectos como Aumenta.me [106], que tienen como objetivo acercar la tecnología de la RA al ámbito educativo.

- **Hardware.** Aunque no necesita grandes requerimientos a nivel tecnológico a veces se encuentran limitaciones derivadas de las infraestructuras disponibles a nivel docente, por falta de equipamiento adecuado.
- **Software.** Por no existir herramientas diseñada específicamente para educación, sin embargo se observa en la Tabla 3, el gran desarrollo existente en los últimos años y la facilidad de uso para cualquier persona que posea básicos conocimientos en TIC.

Por todo ello, el uso de la Realidad Aumentada en educación no está generalizado aún, aunque cada vez es más accesible y las herramientas para crear aplicaciones son más fáciles de usar [107].

En diversas experiencias de aprendizaje se han descrito el potencial que ofrece en el ámbito educativo las aplicaciones de RA como apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje [108], ya que, por un lado, su uso implica una mayor interacción de distintos sentidos [109], y por otro, Sang-Hwa et al. afirman que el uso en educación de RA interactiva motiva a los estudiantes a tener más interés en el aprendizaje y mejora la eficiencia del aprendizaje y la concentración de los estudiantes [110].

Además, hay que indicar que se considera que la novedad del entorno de trabajo de la RA puede influir de una manera positiva en el proceso de enseñanza aprendizaje [111], pues contribuye a la motivación del estudiante [112].

Por otro lado, la RA sigue la noción de que el aprendizaje del estudiante puede ser mejorado mediante la combinación de los métodos de enseñanza tradicionales, tales como libros y notas con nueva tecnologías. Por lo tanto, la flexibilidad de los métodos de aprendizaje es incrementado por factores de interacción e individualidad, ya que se considera que la RA mejora la interacción y el trato individualidad de materiales impresos de aprendizaje desde el punto de vista del usuario mediante la presentación interactiva de información [113].

Acorde con este pensamiento, Peng expone que la RA móvil puede aumentar además en los alumnos esa experiencia de interacción sin las restricciones que impone un lugar fijo [114].

Por otro lado, en las enseñanzas en la ciencia y la ingeniería se indica que la Realidad Aumentada ofrece grandes oportunidades debido al énfasis que pone en la formación práctica, interactuando activamente con los contextos del mundo real [115], donde la tecnología de RA, según Chen y Tsai [116], puede proporcionar a los estudiantes un nuevo entorno de aprendizaje sin la disminución de la autenticidad del mundo real [117], pero además con una ventaja, en prácticas educativas la RA ofrece menos riesgo que el asociado con la realidad “real” [118], por lo tanto se crea posibilidades de aprendizaje colaborativo en torno al contenido virtual en ambientes no tradicionales [119].

Por otro lado, la RA permite la interacción con la propia mano del usuario y con gestos reales, generando en los modelos giros, rotaciones, cambios de escala y diferentes perspectivas, lo que favorece la resolución de problemas de percepción espacial [120] y el desarrollo de las habilidades para la interpretación espacial [121].

Se puede observar, por tanto, que muchas de las observaciones aportadas en las diversas experiencias docentes son similares a las señaladas por la utilización de los modelos tridimensionales en educación, por ello cada vez existen más experiencias

específicas en las que se muestran los beneficios derivados de su uso, de las cuales vamos a hacer referencia en el apartado 2.4, junto con otras aplicaciones que además utilizan modelos, físicos o digitales, para enriquecer la educación en distintas disciplinas.

2.3. Capacidad espacial

Algunos autores definen la capacidad espacial como "*La capacidad de obtener y crear información nueva, útil y aplicable a partir de informaciones sensoriales ya existentes, que se manifiestan en el comportamiento o la actividad mental del sujeto* [122]". Esta inteligencia espacial forma parte de las inteligencias del modelo sugerido por Howard Gardner en la teoría de las inteligencias múltiples [123].

Tabla 4 Test para la valoración de habilidades espaciales [130]

Test	Nombre	Factor	Autores	Descripción
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA -SR	RE	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	RE	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	RE	Vanderber y Kuse, 1976	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones
Mental Cutting Test	MCT	RE	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
Generis Mental Rotation Tasks		RE	Voyer, Voyer y Bryden, 1995	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task, y el formato se ha realizado para ordenador
Rotation of Images		RE	Duerman - Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Hay que elegir, mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio
Left or right hand identification		RE	Duerman - Sälde test battery, Psykologiförlaget 1971	Imágenes de manos giradas de diferentes maneras donde el sujeto debe decidir si la imagen corresponde a una mano izquierda o derecha
Purdue Spatial Visualization Test	PSVT -R	RE	Guay R. B, 1977	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
Rod-and-frame test	RFT	RE	Witkin y Asch, 1948	Requiere ajustar una barra a la vertical a pesar de información que se suministra en la casilla
The Water Level Test	WLT	RE	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor
Paper Form Board	PFB	VE	Likert y Quasha, 1941	Hay que decidir entre cinco opciones, cual de los dibujos bidimensionales puede ser construido mediante un juego de fragmentos que se suministra
Differential Aptitude Test - Spatial Relations Subset	DAT - SR	VE	Bennet, Seasharo y Wesman, 1947	Se requiere relacionar una forma tridimensional con la imagen de su desarrollo en dos dimensiones
Identical Blocks Test	IBT	VE	Stafford, 1961	Hay que indicar que bloque entre varias opciones, es el mismo que el estándar dadas una serie de pistas (letras y números en las caras del bloque)
The Block Design Subset of the Weschler Adult Intelligence Scale		VE	Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	VE	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar cual, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado
Vairous adult and children's versiono f the Embedded Figures Test	EFT and CEFT	VE	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	VE	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	VE	Rensis Likert yWilliam H. Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

Sin embargo, debe diferenciarse la aptitud, la habilidad y la capacidad espacial. La primera de ellas, aptitud, Contero et al. [124] la define como el "*potencial innato que un individuo tiene para visualizar*", que contiene una carga genética o hereditaria y que es previa a cualquier tipo de entrenamiento a que pueda estar sometido el sujeto. En contra posición, la habilidad espacial, se puede lograr con la práctica y necesita aprendizaje para

potenciarse [125]. Así muchos estudios afirman que con la práctica puede producirse una mejoría significativa de las habilidades espaciales, por nombrar algunos de los más recientes [126] [127] [128] [129].

La Capacidad espacial implica la conjunción de ambas [131] y se puede definir como “la habilidad de manipular mentalmente los objetos y sus partes en un espacio bidimensional y tridimensional [132]”

Dentro de la Ingeniería Gráfica, está acuñado el término capacidad de visión espacial, que hace referencia a la componente de la inteligencia denominada como factor espacial, que se puede cuantificar mediante test [133] [134] [135].

La mayoría de los autores descompone, en los estudios más recientes, esta capacidad en dos categorías [136], detalladas por Martín Dorta en su tesis [132], que son:

- Relaciones espaciales (RE): pericia para entender elementos tridimensionales o mantener la orientación con respecto a objetos en el espacio.
- Visión espacial (VE): maestría para manejar la representación de un objeto en el espacio a otro lugar.

Se han diseñado una gran cantidad de test para valorar estas categorías que hemos mencionado, véase Tabla 4, sin embargo, en la mayoría de los casos las cuestiones que forman estos test se refieren a piezas simples rotadas o desplegadas, véase Fig. 20 y Fig. 21.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo del tipo de cuestión incluida en este test. En cada una de ellas se muestran cinco objetos. Debe determinar cuáles de entre los cuatro de la derecha son el mismo objeto de la izquierda. En el problema de la Figura 3 las respuestas correctas son A y C.

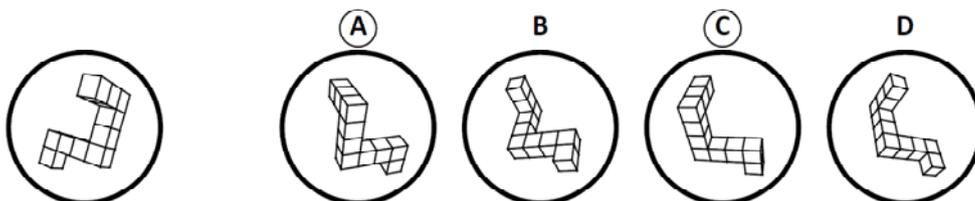


Fig. 20 Mental Rotations Test MRT [1]

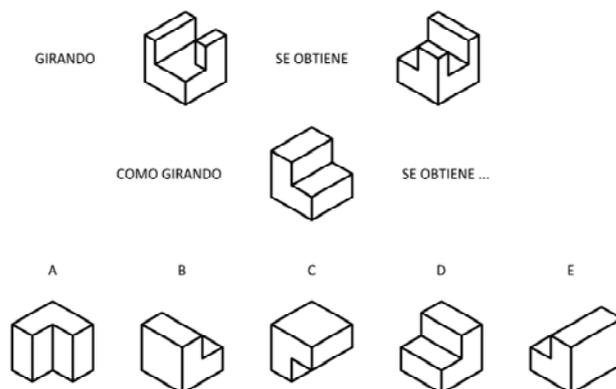


Fig. 21 Purdue Spatial Visualization Test: Rotations (PSVT:R) [1]

En relación a la habilidad para la percepción de las formas del terreno un estudio reciente [121], la ha definido con el término Map Reading Skill (habilidad para la lectura de

mapas), creando una prueba de 18 ítems en papel denominada Topographic Map Assessment test (TMA), Fig. 22, que tiene la finalidad de medir dicha habilidad.

Las preguntas versan sobre conocimientos necesarios en la comunicación con mapas y planos topográficos: inter-visibilidad entre puntos, circulación del agua por vertientes, diseño de rutas con el mínimo esfuerzo,... combinando diferentes técnicas de representación (mapas topográficos con curvas de nivel, perspectivas, fotos panorámicas, secciones y perfiles). Su publicación es del año 2015 y, por lo tanto, posterior al planteamiento de esta tesis, por ello no se ha tenido en cuenta en el diseño de este estudio.

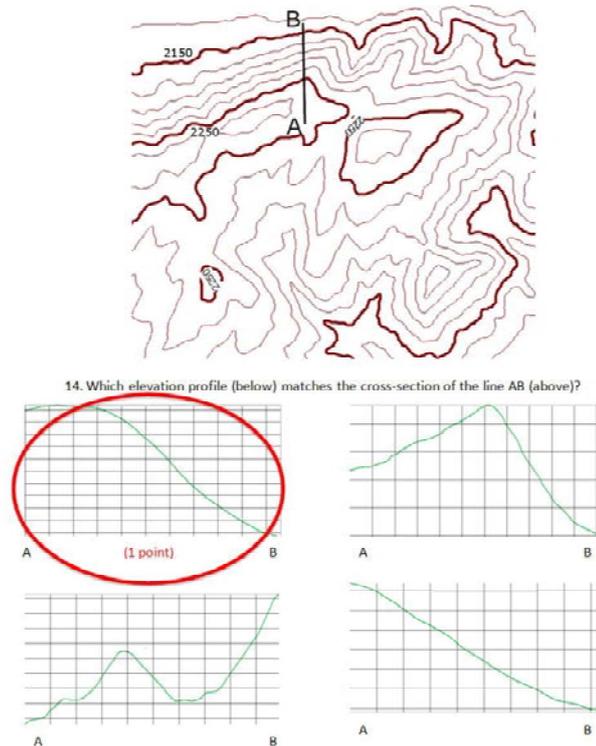


Fig. 22 Ejemplo de pregunta en el Topographic Map Assessment test (TMA) [121]

2.4. Capacidad espacial, modelos 3D y aprendizajes asociados

En muchas ocasiones los estudiantes no pueden llevar a cabo tareas de representación en la clase porque no entienden qué o cómo hacer el ejercicio. Además, necesitan desarrollar su capacidad de visión espacial para entender el resto de los contenidos relativos. Los contenidos de los sistemas de representación aumentan dicha capacidad [137], siempre que se acompañe de un esfuerzo de comprender y trabajar la teoría de los mismos por parte del alumnado [138], además de las herramientas y el entrenamiento adecuado [10] [134].

Dicha capacidad espacial es fundamental para el razonamiento científico y se usa para simbolizar, interpretar y manejar información en enseñanza de las materias implicadas y en la resolución de problemas [139] [140] [141]. Estas habilidades son de uso cotidiano en disciplinas como la ingeniería, arquitectura y construcción, pero también en el ámbito artístico y científico. Por ello, Mataix afirma que las “*habilidades espaciales son*

herramientas fundamentales para el desempeño profesional de ingenieros y arquitectos, (...), es esencial no sólo para artistas e ingenieros sino también para los científicos en general, (...), el papel no se limita a la comunicación gráfica. Además ayudan a conceptualizar las relaciones entre la realidad y el modelo abstracto de dicha realidad, e influyen significativamente en la capacidad de resolución de problemas en general [1]". Por lo tanto, la importancia en el desarrollo de esta capacidad espacial no se circunscribe a la ingeniería, un gran número de materias se ven influidas en el desarrollo de este aprendizaje.

En este contexto, se ha propuesto en diversos estudios una herramienta: el uso de modelos 3D usando distintas tecnologías, para ayudar al profesor en el proceso de exponer los contenidos y dotar a los estudiantes de herramientas para mejorar la capacidad de visión espacial del problema para así resolver con menos dificultad la realización de representaciones gráficas [135] y comprender mejor el tema.

Se exponen a continuación varios ejemplos en varias disciplinas:

2.4.1. Matemáticas

Por un lado, Vara observó que los alumnos pasaban más agradablemente la clase y que asimilaban mejor contenidos [142] cuando usaban el geoespacio, un recurso espacial para la enseñanza de la geometría en Matemáticas. Otro ejemplo del uso de maquetas con resultados altamente satisfactorios es el realizado por Almazán et al. [143] para la resolución de integrales triples. También se ha utilizado en algebra de funciones por Miranda et al., con la idea de que "*visualizar un problema significa entenderlo [144]*".

En otra investigación [145], se ha estudiado el aprendizaje de geometría espacial mediante entornos de geometría dinámica 3-dimensional denominado Cabri 3D, poniendo de relieve que su uso de manera sistemática a lo largo de la secuencia de enseñanza influyó positivamente en el desarrollo de la imagen conceptual de los objetos espaciales estudiados.

Kaufmann et al. [146], ha empleado en secundaria y en la universidad Construct3D [147], véase Fig. 23, una aplicación de RA para explicar geometría, mostrándose como una herramienta fácil de aprender y que fomenta la experimentación con las construcciones geométricas y mejora las habilidades espaciales [148]. En su última evaluación [149] encontraron que la usabilidad de Construct3D tenía una clasificación más alta que la facilidad de uso de una aplicación de educación de la geometría en un programa de ordenador. Esto podría ser debido al flujo de trabajo más intuitivo cuando se trabaja en tareas 3D. Sin embargo, todavía había cuestiones técnicas, (por ejemplo, la robustez del software), que debían ser resueltos con el fin de mejorar aún más la facilidad de uso. Por ello, los autores [150] indican que un objetivo debe ser desarrollar tecnologías y aplicaciones de la que todos los usuarios puedan beneficiarse por igual.

En el mismo campo, pero en la escuela secundaria, Banu [151] presentó una aplicación de RA, AG3DO, para la visualización de objetos 3D, como una manera interactiva para ayudar al aprendizaje y mejora la capacidad espacial del usuario, encontrando que puede animar a los estudiantes a experimentar con simulaciones Matemáticas y aprender acerca de la geometría de una manera no convencional.

Se están realizando las primeras aportaciones para el uso de impresiones 3D en Matemáticas para facilitar su comprensión [152].



Fig. 23 Construcciones geométricas con Construct3D para Matemáticas [147]

2.4.2. Biología

En este campo dos proyectos [153], [154] han llevado a cabo estudios que pretenden mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, a través de modelos anatómicos físicos en 3D.

Las posibilidades de visualización de una estructura anatómica corporal se reflejan en otro trabajo [155], lo cual permitirá al estudiante realizar un estudio integro de la anatomía de este hueso como si lo estuviese viendo realmente, y siempre dirigido por el profesor o tutor.

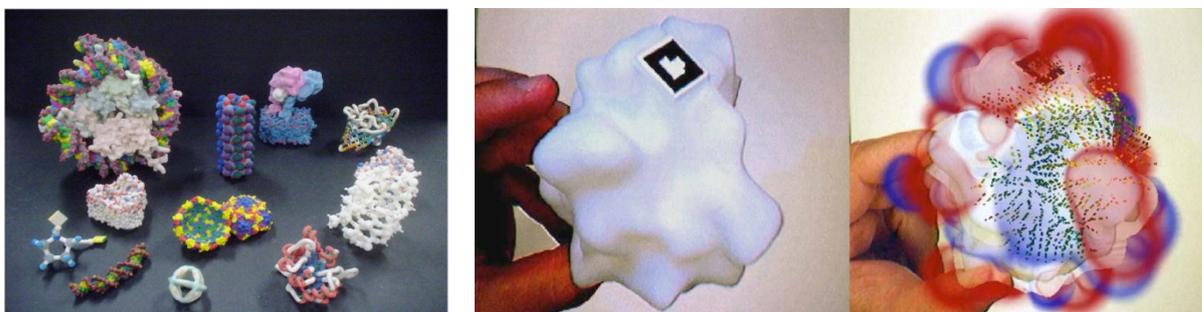


Fig. 24 Modelos moleculares de para Biología [156]

Otro proyecto realizado por Gillet [156], véase Fig. 24, utiliza la RA para la visualización de modelos de estructuras biológicas complejas a partir del programa Python Molecular Viewer, prestando una interfaz intuitiva.

Otro estudio [157], consta de una aplicación de RA cuyo objetivo es la enseñanza de Biología Celular utilizando la metodología de enseñanza para la comprensión y conceptos estructurales, con el fin de influir positivamente en el aprendizaje del estudiante.

2.4.3. Química

Betancourt et al. [158] han determinado que la utilización de los modelos moleculares tridimensionales en el curso fundamentos de química ha causado gran impacto en la motivación, creatividad y participación de los estudiantes y favoreció el aprendizaje. Estos modelos tridimensionales también se han usado en otra propuesta [159] para enseñar

química orgánica donde se ha llegado a la conclusión que mejora y facilita la comprensión de la tridimensionalidad de las moléculas.

En otra experiencia [160] se presentan herramientas didácticas computacionales de modelos químicos para afrontar las dificultades de los estudiantes, llegando a la conclusión que *“es una arma poderosa en la tarea de ayudar a los estudiantes a construir puentes conceptuales entre la diversidad de escalas y dimensiones en las que tales modelos se definen”*.

También, otra experiencia llevada por Marzocchi et al. [161] ha determinado que *“es posible la rápida incorporación de TICs de Visualización y Modelado Molecular en el inicio de las carreras de grado”* en la enseñanza universitaria de la Química. Ejemplos de modelos mostrados en esta experiencia se pueden observar en la Fig. 25. Y en otra investigación [162] se muestran las ventajas educativas con respecto a utilizar modelos moleculares mostrados en teléfonos inteligentes. Entre otras se pueden citar: *“complementar otras formas de aprendizaje utilizadas en el aula de clase y mejorar la comprensión de conceptos imposibles de ver a simple vista”*.

Por otro lado, Chen [163], discute la posibilidad de utilizar RA en el aula de química, comparando el uso de modelos físicos con otros implementados con RA, no habiendo una preferencia clara por ninguno de los modelos tras realizar el estudio, incluso los segundos han sido tratados por los estudiantes como reales durante el experimento. Los resultados mostraron que a algunos estudiantes les gustaba manipular la RA por la rotación de los marcadores para ver diferentes orientaciones de los objetos virtuales. Sin embargo, algunos estudiantes preferían interactuar con los modelos físicos con el fin de obtener una sensación de contacto físico. Las interacciones con la RA demostraron que tendían a tratar los modelos en RA de los aminoácidos como objetos reales.

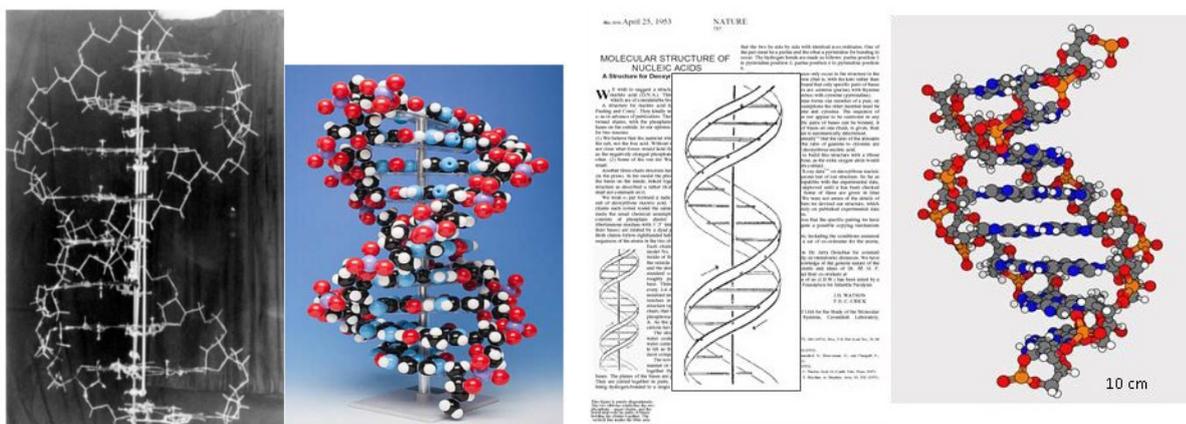


Fig. 25 Modelos para química, junto con croquis 2D [161]

2.4.4. Ingeniería

Es sin duda el campo donde más aplicaciones se han desarrollado y donde se han realizado más estudios para investigar el desarrollo de la capacidad espacial.

En muchas de estas investigaciones en lugar de utilizar modelos tridimensionales se han realizado dibujos en perspectiva utilizando aplicaciones informáticas. Martín Dorta [132], hace una recopilación de muchos de ellos en sus tesis:

- donde se trabaja con isometrías a partir de la construcción de bloques usando tecnología flash interactiva [125], Fig. 26 a; un programa de evaluación y entrenamiento de las habilidades espaciales “Visualization Assessment and Training Program”, con el que se ha demostrado la mejora de la rotación mental [164], Fig. 26 b y c; desarrollo de las capacidades a través de una web multimedia con juegos interactivos [165], Fig. 26 d; “Multiview Drawing”, un tutorial interactivo con perspectivas isométricas de piezas [166], Fig. 26 e y f; Isometric Drawing Tool, que permite crear de forma dinámica dibujos isométricos sobre una plantilla de puntos, Fig. 26 g; Taller de Visión Espacial, curso web que desarrolla los ejercicios de percepción espacial de un libro [167], Fig. 26 h; y aplicaciones para mejorar las habilidades espaciales como, por ejemplo, la mesa de visión espacial [168], Fig. 26 i).

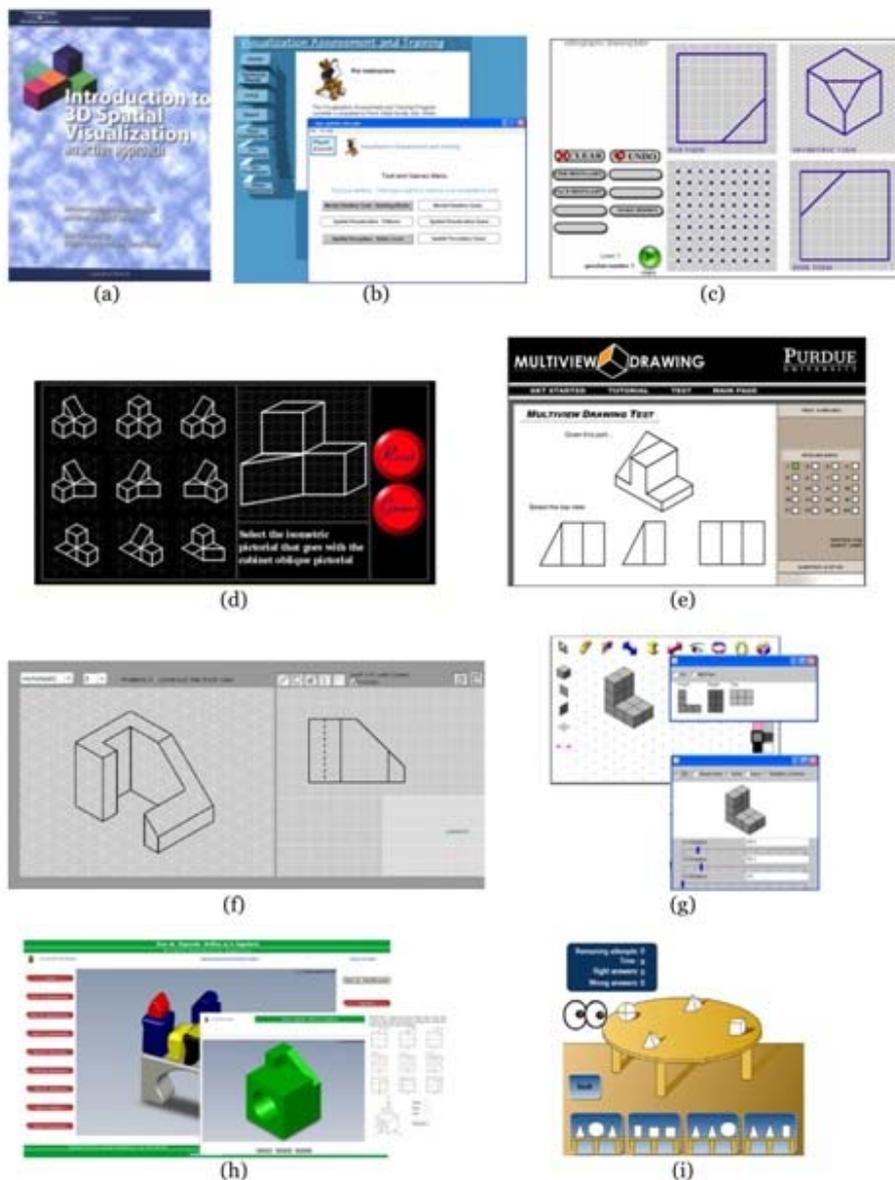


Fig. 26 (a) Manual Sorby; (b) y (c) Programa Universidad de Pennsylvania; (d) Juego interactivo de S. Crown; (e) y (f) Multiview Drawing de la Universidad de Purdue; (g) Isometric Drawing Tool; (h) Taller de Visión Espacial; (i) Mesa de visión espacial [132]

Por otro lado, varias investigaciones han estudiado cómo mejorar la habilidad de visualización espacial de los estudiantes de ingeniería, con la exhibición de piezas sencillas a las cuales había que sacarles las vistas ortogonales en el sistema Diédrico de proyección, con modelos físicos, con SketchUp, con otras herramientas informáticas, con una aplicación en tablets, o con RA.

Así, Urdarevik [169] afirma en este estudio que mediante el uso de estos modelos, los estudiantes aprenden el tema de la manera más eficiente y más fácil. Por otra parte, Saorín et al. [170] y Ben-Chaim [171], han utilizado los modelos físicos tangibles para demostrar que esa estrategia potencia dicha mejora. Además los resultados de talleres realizados son positivos, mejoran la capacidad espacial y la motivación. También se ha probado esta tecnología en ambientes preuniversitarios con piezas sencillas de aluminio con caras pintadas en función de la vista [172].

Por otro lado, Martín-Dorta et al. [173] muestran que el desarrollo de las habilidades espaciales podrá conseguirse a través de una formación específica con un curso basado en SketchUp, siendo una buena opción que comparándola con los cursos basados en papel y ejercicios de lápiz. El curso basado en SketchUp parece revelar diferencias significativas en cuanto a puntuaciones de la ganancia en la prueba.

Además, los instructores percibieron un cambio positivo en la motivación de los estudiantes que usan SketchUp para hacer los ejercicios. Ejemplos usados en Fig. 27.

Los resultados de otra investigación, Onyanha [174], demostraron que la formación específica con dos herramientas informáticas: PMR y AVS ayudó al estudiante en la interpretación de objetos 3D a partir de la representación 2d en el software. Además, produjeron una mejora significativa en los resultados de las pruebas capacidad espacial de los estudiantes y que estas mejoras se producen en todas las geometrías de objetos y tipos de rotación.

Otro estudio que utilizaba tablets se presenta en [175]. Esta investigación ha demostrado que el uso de elementos multimedia en libros electrónicos tiene el potencial de mejorar materiales didácticos tradicionales y actividades de aprendizaje. Las visualizaciones 3D interactivas pueden ser fácilmente incorporados a los libros electrónicos, proporcionando un valor adicional al texto plano y a los gráficos bidimensionales estáticos. Así que estos elementos se presentan como una posible alternativa para mejorar la información facilitada por la representación gráfica tradicional en dos dimensiones.

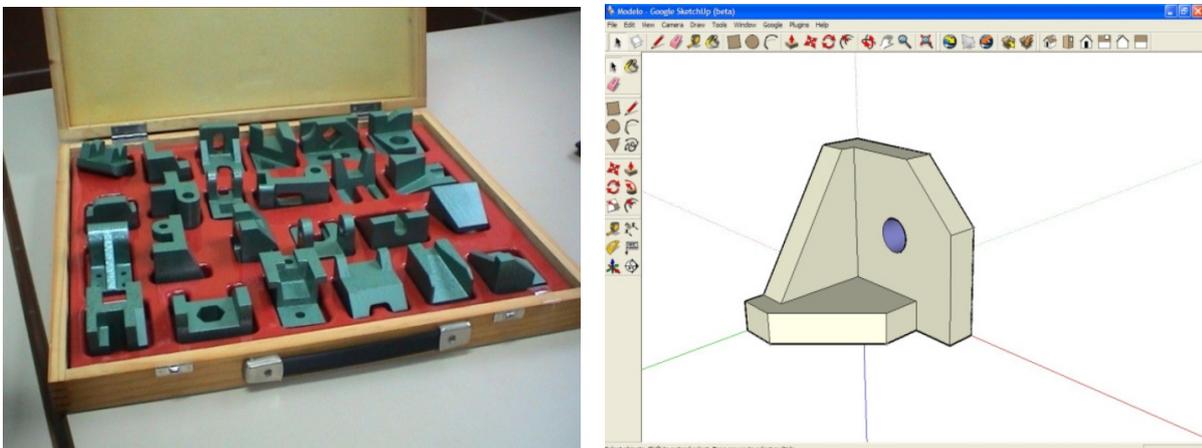


Fig. 27 Modelos físicos y de SketchUp [132]

En otro documento [176], un software educativo para dispositivos de tableta multi-touch para ayudar a los estudiantes de ingeniería en el aprendizaje de las prácticas y normas de acotación es presentado por Ferran et al. y los resultados preliminares muestran que las interfaces multitáctiles son una forma efectiva de estimular a los estudiantes, captar su atención y crear una actitud positiva hacia las tareas de dimensionamiento. Los participantes consideraron que la aplicación es intuitiva y muy fácil de aprender.

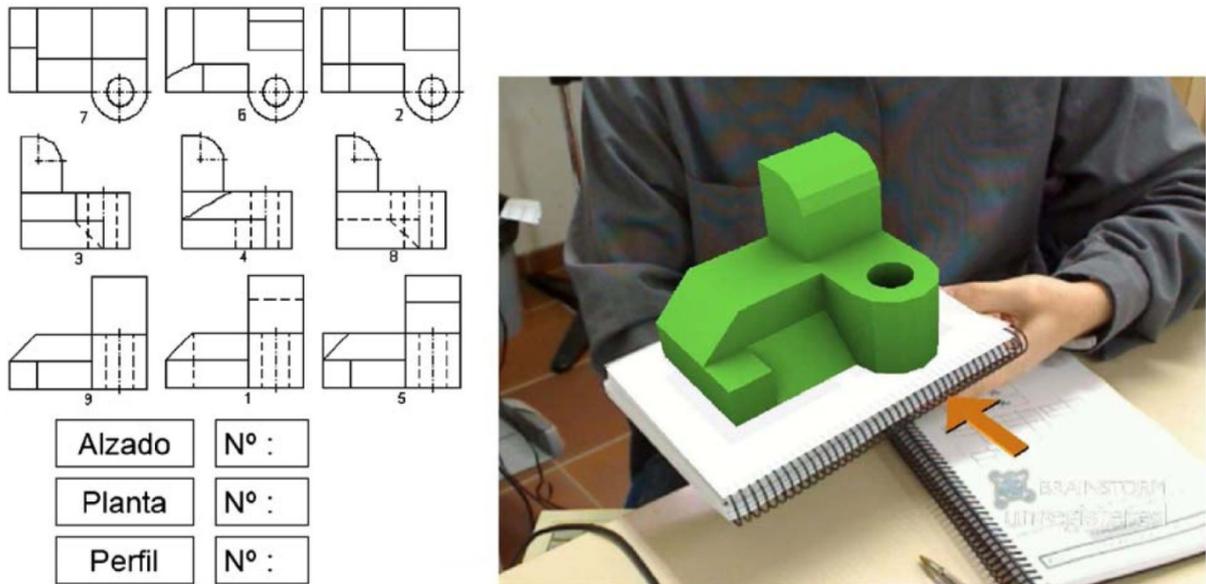


Fig. 28 Descripción de ejercicios del libro AR-Dehaes [177]

Martín-Gutiérrez et al. [177] han llevado a cabo un estudio de validación de la caja de herramientas AR-Dehaes [178] [179], (libro de RA y programa de ordenador), véase Fig. 28, en cursos de ingeniería. Este estudio ha demostrado ser una solución de bajo costo para crear un entorno atractivo para el desarrollo de las habilidades espaciales, ya que en el estudio de validación llevado a cabo, se observó un impacto positivo en la capacidad espacial de los estudiantes. Por un lado, los profesores que participaron en el estudio de validación percibieron una actitud muy positiva y receptiva por los estudiantes; y, por el otro, el grupo experimental (AR-Dehaes) mostró una ganancia estadísticamente significativa en puntuaciones medias frente al grupo de control, cuya ganancia no fue significativa. Además, es importante señalar que AR-Dehaes MagicBook logró su objetivo principal: los participantes alcanzaron un nivel básico en sus habilidades espaciales cuando terminaron este curso corto de entrenamiento. Así los autores determinan que si se pretende “*el desarrollo de las habilidades espaciales, la RA es un enfoque viable que ofrece buenos resultados y ofrece un estímulo atractivo para los estudiantes [180]*”, puede verse un ejemplo de los ejercicios llevados a cabo en Fig. 29.

En la misma línea, Dorribo-Camba [181] concluye que el uso de RA tiene el potencial de convertirse en una herramienta eficiente para impartir los módulos gráficos de ingeniería. La tecnología de RA ofrece una nueva manera atractiva e interesante para complementar y mejorar los materiales de enseñanza y aprendizaje tradicionales, (generalmente basado en ejercicios de lápiz y papel), véase Fig. 30, mientras que la educación da un paso más cerca de los perfiles tecnológicos de los estudiantes de hoy. Los materiales fueron ampliamente aceptados, con reacciones muy positivas de la mayoría de los participantes.

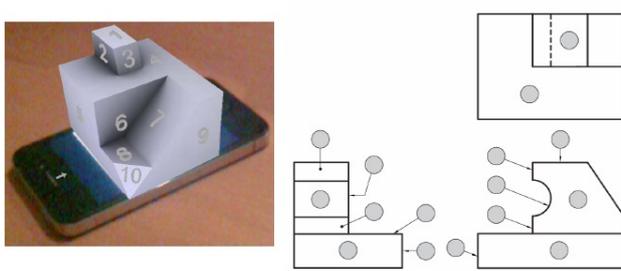


Fig. 29 Uso del móvil para manipular los marcadores fiduciales [180]

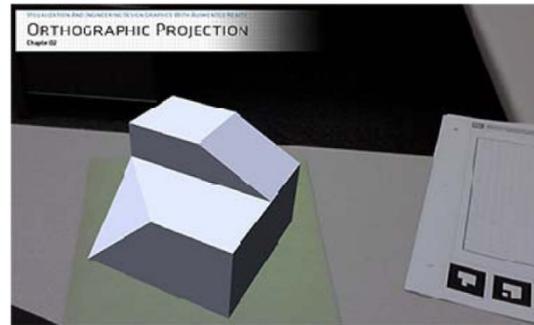


Fig. 30 Ejemplos de visualización de modelos con RA [181]

Comparativas en este sentido se han realizado entre modelos físicos, tablets digitales y RA, obteniendo como conclusión de que estas dos últimas tecnologías son válidas en ambientes digitales para suplantar a los modelos físicos [182] [183], véase Fig. 31.



Fig. 31 Ejercicios con modelos físicos, con RA y con tablets [183]

2.4.5. Ingeniería mecánica y diseño

Urdarevik [169] también expone la eficacia de la utilización de modelos para enseñar y aprender la ingeniería en diferentes temas: para mostrar los tipos de agujeros, ranuras, secciones y articulaciones y sus modelos preparados en modelos mecánicos y, por último, modelos de construcción de acero estructural, véase Fig. 32. Según él, esto aumenta la confianza de los estudiantes en el manejo de temas posteriores, creyendo que pueden tener éxito en el campo de la ingeniería.

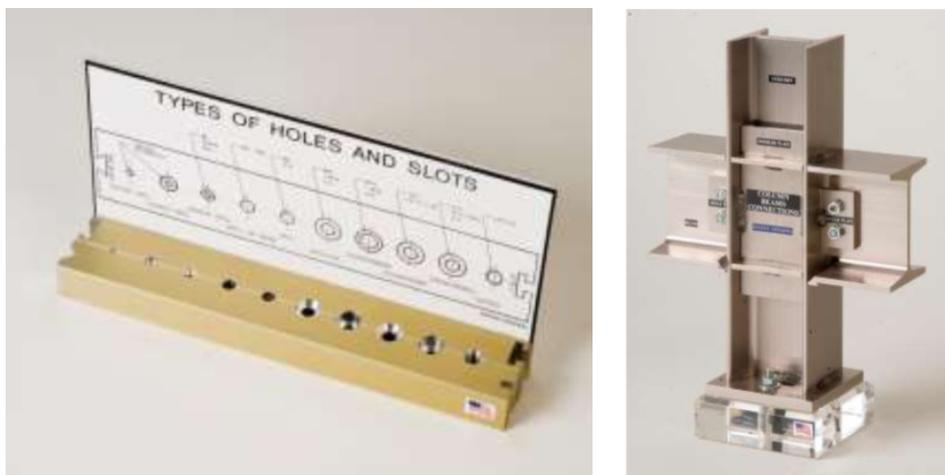


Fig. 32 Modelos físicos para el apoyo del aprendizaje [169]

Varias investigaciones han estudiado la RA y cómo incorporarlo en la clase para desarrollar la capacidad de visualización espacial. Unos se han centrado en la aplicación de la RA para el aprendizaje de la representación de piezas mecánicas [184], afirmando que los estudiantes podían observar las características de los modelos en RA desde vistas arbitrarias para aumentar su comprensión espacial. Se observó que la interfaz de RA tiene un gran potencial en el aumento de interés de los estudiantes en el aprendizaje de los cursos de ingeniería gráfica.

Otro ejemplo de ello puede ser el uso de un libro con RA y del software Build-AR, para el aprendizaje de los elementos mecánicos estándar en estudios de Ingeniería Mecánica. De acuerdo con Martín-Gutiérrez y Contero [31] [185], los estudiantes del grupo experimental habían disfrutado al estudiar mediante el uso de la tecnología de RA e incluso obtuvieron mejores resultados en una prueba de evaluación que aquellos que utilizaron apuntes tradicionales en la clase con imágenes estáticas para el estudio de los mismos contenidos.



Fig. 33 Visualización de elementos mecánicos con RA [186]

Por otro lado, un estudio de usabilidad [186] sobre material didáctico realizado con RA para aprender dibujo, designación y normalización de elementos mecánicos siguiendo normas internacionales de normalización ISO, se llevó a cabo mostrando los beneficios de los libros de texto utilizados basados en RA, véase Fig. 33.



Fig. 34 RA en ingeniería Electromecánica. Modelos y marcadores [187]

En la misma línea Chen y Feng [187], véase Fig. 34, se manifiestan, indicando que una aplicación con RA permite una comprensión más rápida de los problemas espaciales complejos y de las relaciones en ingeniería gráfica en estudios en ingeniería Electromecánica con piezas mecánicas algo más complejas.

Además, otro estudio [188] demuestra los beneficios de la RA para los estudiantes de cinemática mientras aprenden sobre la ley de Grashofs. En dicho estudio se encontró que la herramienta de visualización de RA ayudó a los estudiantes a entender mejor el problema del movimiento del mecanismo 4BL.

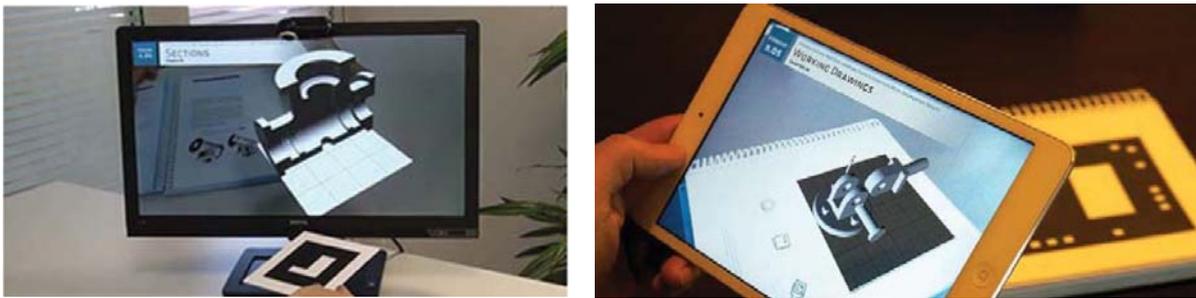


Fig. 35 Realidad Aumentada de Escritorio y Realidad Aumentada Móvil [189]

Además, en otro estudio [190] se compara los tres enfoques diferentes para observar el contenido tridimensional en un libro de texto de Ingeniería de Diseño Gráfico. En el mismo se enfrentan la Realidad Aumentada de Escritorio, la Realidad Aumentada Móvil, y un visor interactivo 3D véase Fig. 35. Los primeros resultados muestran que las tabletas y los teléfonos inteligentes son más capaces y mejor valorados.

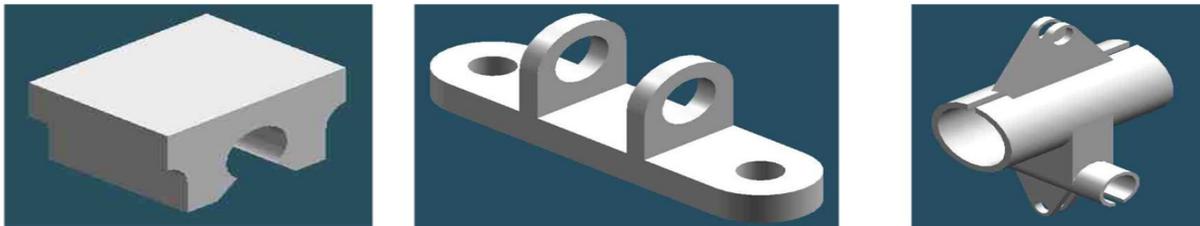


Fig. 36 Ejemplos usados con tecnologías de RA y de PDF3D [191]

Además, hay un estudio que enfrenta la RA y los PDF3D en estos ambientes [191], Fig. 36; y en otro se compara la RA y los hologramas para la visualización de piezas de ingeniería mecánica [192], véase Fig. 37, comentando que éstas tecnologías podrían ser utilizadas de una manera amigable, ya que además de no requerir conocimientos de programación, ayuda a los estudiantes a visualizar el modelo 3D para dibujar las vistas ortográficas o las perspectivas isométricas y mejora la comprensión del modelo antes y durante el proceso de aprender a dibujar la misma.

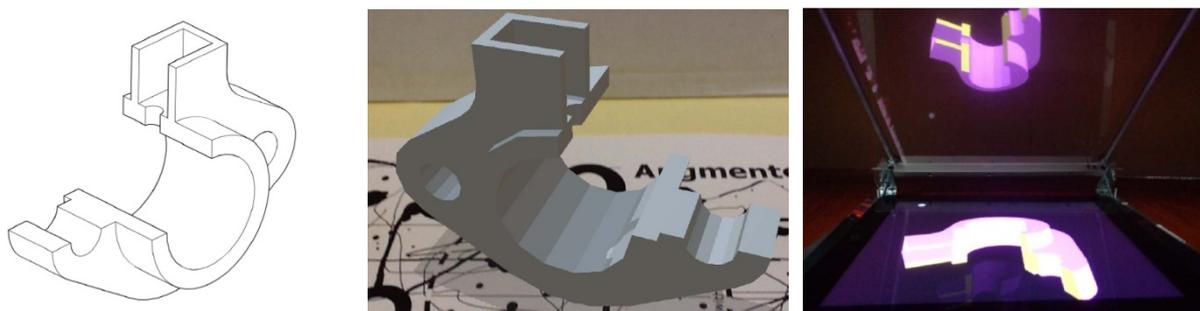


Fig. 37 Ejemplo de aplicación utilizando RA y hologramas [192]

Finalmente, en otro artículo Liarakapis et al. [193], véase Fig. 38, se presenta un sistema para apoyar el aprendizaje en ingeniería mecánica basada en tecnologías Web3D y RA.

En el mismo se concluye que los estudiantes pueden explorar una visualización en 3D del material de enseñanza, lo que les permite entender de manera más eficiente ya que interactúan con los contenidos multimedia. Además, se cree que los escenarios experimentales presentados pueden proporcionar una experiencia de aprendizaje gratificante que de otro modo sería difícil de obtener.



Fig. 38 Web3D y RA para apoyar a la educación en la ingeniería [193]

2.4.6. Bellas artes

Desde Bellas Artes se propone en un trabajo [194] la utilización de un taller de modelado 3D con SketchUp para el desarrollo de competencias, mostrándose como una buena opción para aumentar la capacidad espacial de los participantes.

Otro estudio [195], ha comparado la capacidad de comunicación de los diseños basados en RA frente a las presentaciones 2D tradicionales. El resultado indicó que el uso de la Realidad Aumentada para apoyar la enseñanza del diseño podría ser beneficioso para el aprendizaje de los estudiantes porque la RA puede presentar objetos de una manera más intuitiva, permite explorar todo el potencial de los conceptos de diseño y evaluar objetos 3D antes de que algo se construya físicamente.

2.4.7. Arquitectura

En el campo de la Arquitectura, Redondo et al. [196], proponen en su estudio el uso de herramientas TIC y tecnologías 3D en lugar del dibujo tradicional. Se afirma que los alumnos obtienen mejores resultados sobre su formación gráfica, educación visual, comprensión espacial, rendimiento académico y satisfacción, siendo muy superiores a los habituales, a la vez que en periodos de aprendizaje más cortos, debido al interés que dichos instrumentos despiertan en ellos y por su facilidad de alfabetización digital.

Además, los mismos autores [197] destacan que los dispositivos táctiles y las aplicaciones de dibujo digital son un sustituto aceptable de las técnicas tradicionales del dibujo artístico, aptas para la práctica y la docencia del dibujo arquitectónico a mano alzada, siendo una *“herramienta extraordinaria de comunicación y potenciador de la creatividad”* [198].



Fig. 39 RA en el grado de Arquitectura [199] [200]

Otro artículo [201], afirma que las soluciones CAD contemporáneas deben ser enseñadas desde el principio de la formación en arquitectura siendo paralela con los

métodos de diseño clásico, porque el “*futuro pertenece*” a aquellos que van empeñados a utilizar los modelos en 3D lo más pronto posible.

Respecto de la RA en la enseñanza de la arquitectura existen varias aplicaciones como VisAr3D [202] o U-AR [203], software de RA donde se definen entornos de visualización 3D para establecer un aprendizaje práctico y atractivo.

Los experimentos [200], véase Fig. 39, llevados a cabo confirmaron que la RA permite mejorar los procesos de aprendizaje y la reducción de su duración a un costo muy bajo. Estudios similares [204] afirman que los estudiantes se sienten más motivados, el desarrollo y evolución de las competencias y habilidades espaciales gráficas se incrementan en los períodos de aprendizaje más cortos, y el rendimiento académico es altamente mejorado [205], con un alto grado de aceptación de RA por ellos [206]. Otras experiencias [207] comentan que se promueve el pensamiento conceptual y se mejora el aprendizaje.

En otras aplicaciones similares [208] se ha estudiado el uso de la RA llegando a la conclusión de que es una tecnología con grandes posibilidades de implementación, ya sea en temas patrimoniales como de mantenimiento de instalaciones.

Del mismo modo, uno de los usos propuestos en otro estudio [209] invita a utilizar un sistema de RA, (TAR), para mejorar la eficacia pedagógica de la experiencia y el proceso de aprendizaje colaborativo en la enseñanza del diseño urbano, véase Fig. 40.



Fig. 40 Diseño de modelos de madera y de RA para el estudio del diseño urbano [209]

2.4.8. Ingeniería de edificación

En el campo de Ingeniería de Edificación, un documento [210] aborda el uso de los modelos de edificios en 3D en el programa informático SketchUp en actividades que permiten a los estudiantes diseccionar la estructura del edificio y desarrollan un entendimiento de cómo se interrelacionan los componentes de construcción de manera positiva, véase Fig. 41.

Fonseca et al. [211] proponen un proceso de aprendizaje con RA en el grado de Ingeniería de la Edificación con el fin de utilizar las tecnologías móviles, Realidad Aumentada (RA) y el bosquejo digital (DS) en diferentes estudios. Los recursos desarrollados combinan métodos tradicionales con la visualización interactiva de construcciones y modelos civiles virtuales que utilizan dispositivos móviles para mostrar este tipo de contenido con el fin de mejorar la visualización del estudiante y sus habilidades espaciales y motivación. Las conclusiones muestran una motivación positiva de los estudiantes a utilizar esta tecnología y una mejora de sus resultados académicos.

Por otra parte, los resultados de los experimentos presentados en un documento [212] sugieren que el modelado CAD 4D y el uso de sistemas de visualización de la realidad virtual, puede mejorar la educación de los estudiantes de ingeniería de la construcción, véase Fig. 42.

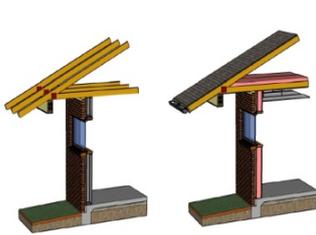


Fig. 41 Modelos físicos y SketchUp [210]

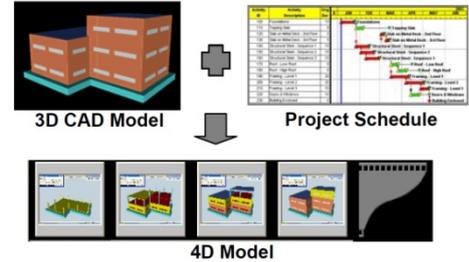


Fig. 42 Modelos 4D [212]

2.4.9. Ingeniería civil

Se ha utilizado en una experiencia docente [213] las maquetas como herramientas auxiliares para proyectar y mostrar proyectos de ingeniería. La experiencia, que tiene una mayor aproximación a la realidad del trabajo profesional, ha gozado de gran aceptación entre los alumnos y se ha conseguido que comprendan la lectura e interpretación de la representación normalizada de los planos de ingeniería civil.

En [214] [215] los autores presentan una Realidad Aumentada cuyos resultados han demostrado la viabilidad de impartir visualmente conocimientos básicos a los estudiantes de ingeniería civil sobre equipos de construcción, con un software denominado ARVita. [216] Los usuarios que se sientan en una mesa pueden tener una discusión, cara a cara, sobre las animaciones 3D [217].

En el mismo campo, otro estudio [218] afirma que la interacción con los modelos didácticos virtuales ayuda a los estudiantes a comprender mejor la diversidad de la actividad del ingeniero.

2.4.10. Hidráulica



Fig. 43 Plano topográfico y maqueta usada en la enseñanza del riego [219]

En un trabajo [219] se da a conocer la utilización de las maquetas en la enseñanza de la topografía y el riego, donde se concluye que las maquetas constituyen un eficiente medio didáctico para la lectura e interpretación del relieve del terreno en el plano de curvas de nivel y brindan la posibilidad de conocer tecnologías que no están introducidas todavía, véase Fig. 43.

Existe otro antecedente de enseñanza [220], implementado en un curso de ingeniería hidráulica de grado, que promueven el aprendizaje activo en las clases de ingeniería, donde los estudiantes cuentan con una combinación de modelos físicos, matemáticos y modelos de simulación por ordenador que les permiten participar, actuar, reaccionar y reflexionar en lugar de escuchar las clases magistrales. Las evaluaciones de los estudiantes indican que este enfoque es atractivo para la mayoría de los estudiantes, (...), y que este enfoque ha contribuido a aumentar el aprendizaje estudiantil, véase Fig. 44.

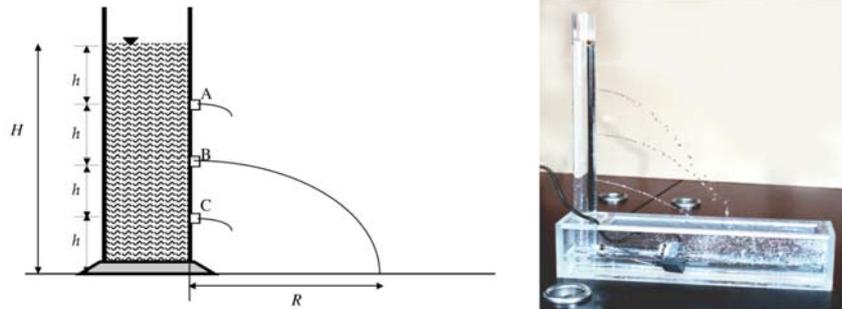


Fig. 44 Representación gráfica y modelo en un ejemplo usado en hidráulica [220]

2.4.11. Geografía

En un estudio De Sena [221], véase Fig. 45, se explica el proceso de construcción y uso de modelos tridimensionales para la enseñanza de conceptos geográficos para alumnos con discapacidad visual. Por otro lado, Martín y Vázquez [222], consideran que el uso de maquetas en la docencia de la geografía ha conseguido “*dar un nuevo enfoque con el fin de conseguir una enseñanza y aprendizaje más activo*”.

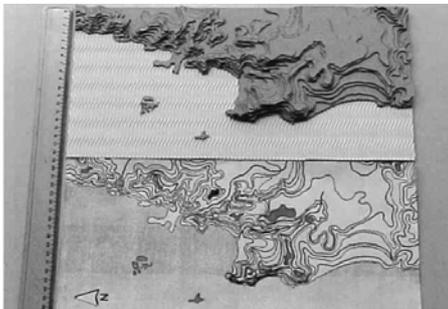


Fig. 45 Geografía para personas ciegas [221] Fig. 46 Visualización con RA en Geografía [223]

Por otro lado, en otro estudio [224] se utilizaron dispositivos móviles en geografía para la mejora del pensamiento espacial donde se señala que éste se puede traducir en actuaciones positivas sobre el territorio, véase Fig. 46.

Una vez actualizada la experiencia [225], Fig. 47, Hedley afirmaba que dichas tecnologías tienen importantes implicaciones para la forma en que se extrae y se intercambia el conocimiento espacial con los modelos 3D, y se preguntaba si permitirían ampliar la capacidad de análisis espacial geográfica.

Los mismos autores Shelton y Hedley [223], afirman que estos elementos ayudan en la mayor orientación y navegación en el espacio geográfico, en las posiciones relativas, en las orientaciones, en las distancias y en las relaciones entre las entidades espaciales.

En otro orden de cosas, Lalioti y Woolard [226] han utilizado esta tecnología en un estudio sobre la visión geográfica pero para mostrar la logística militar a nivel docente que puede observarse en la Fig. 48.



Fig. 47 Visualización geográfica del terreno [225]

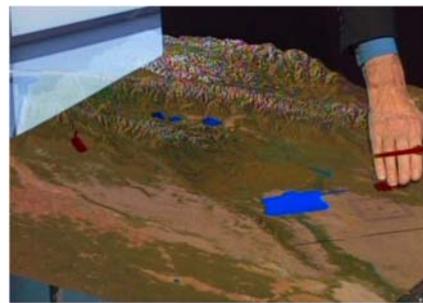


Fig. 48 Logística militar [226]

Finalmente se puede comentar que se han llevado a cabo aplicaciones de RA utilizando la herramienta ARToolkit para ayudar a enseñar a los estudiantes de la licenciatura de geografía las relaciones entre el sol y la tierra. (...) Se encontró una mejora significativa global en la comprensión por parte de los estudiantes después del ejercicio con RA, así como una reducción en los estudiantes que lo habían entendido mal [227].



Fig. 49 Caja de arena en Geología [228]

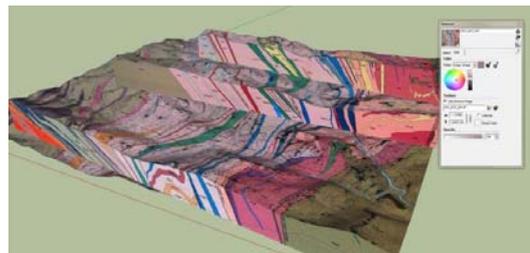


Fig. 50 Geología con SketchUp en Geología [229]

2.4.12. Ciencias de la tierra y geología

En Ciencias de la tierra y Geología, Rapp et al. [230] afirman que cuando los estudiantes intentan comprender los mapas topográficos, preferían más los mapas que emplean elementos tridimensionales que mapas sin ellos.

También se ha comprobado cómo se utiliza la caja de arena para estudiar la dinámica de la erosión de un paisaje [228] [231], Fig. 49, y la explicación de los principios que determinan la formación de fallas, las montañas, los valles y otras características tectónicas [232], Fig. 51, y para ayudar a los estudiantes al desarrollo de sus habilidades espaciales [233] y a la interpretación tridimensional del relieve [234].

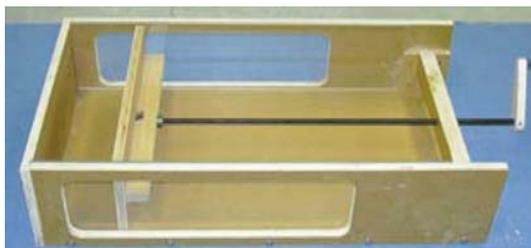


Fig. 51 Caja de arena para la explicación de fenómenos geológicos [232]

Por otro lado, Karabinos [229], véase Fig. 50, nos muestra cómo es posible la utilización de SketchUp para estos usos y en el mismo campo, los resultados de otra investigación [235] indican que es factible el uso de los teléfonos inteligentes y las tabletas estándar para la visualización geológica mejorada con RA, fieldVis, en aplicaciones geológicas educativas, ya que ofrece una nueva manera para que los estudiantes visualicen los datos sin tener que confiar en su interpretación de los mapas en 2D convencionales. Esta aplicación simplifica el proceso de comprensión de la interpretación de los modelos geológicos subterráneos y su relación espacial con el paisaje. Se muestra en la Fig. 52.

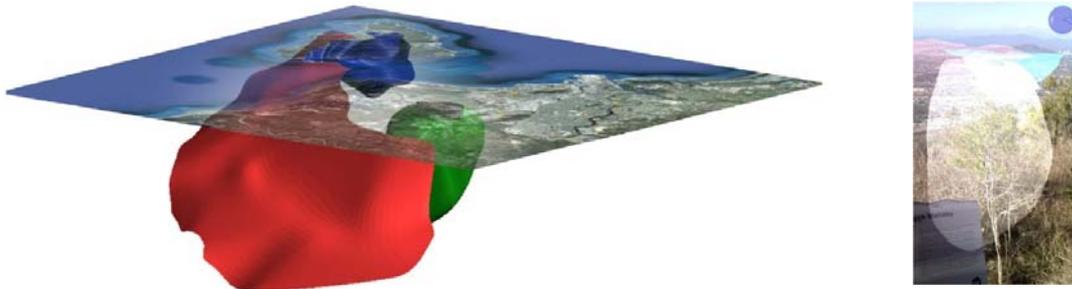


Fig. 52 Representación 3D del terreno usado en Geología con fieldVis [235]

Igualmente se mejoran las habilidades visuales-espaciales de los estudiantes con los entornos digitales [236], véase Fig. 53.

2.4.13. Ciencias del Deporte

Otros estudios similares, utilizan modelos virtuales para llegar a una mejor comprensión de las curvas de nivel y mejorar las habilidades espaciales aplicadas en carreras de orientación [237] en entornos reales y virtuales, con estudiantes de ingeniería de primer año, mostrando que este componente puede ser entrenado y mejorado en ambos ambientes sin encontrar ninguna diferencia significativa entre los dos tipos de entrenamiento [238].

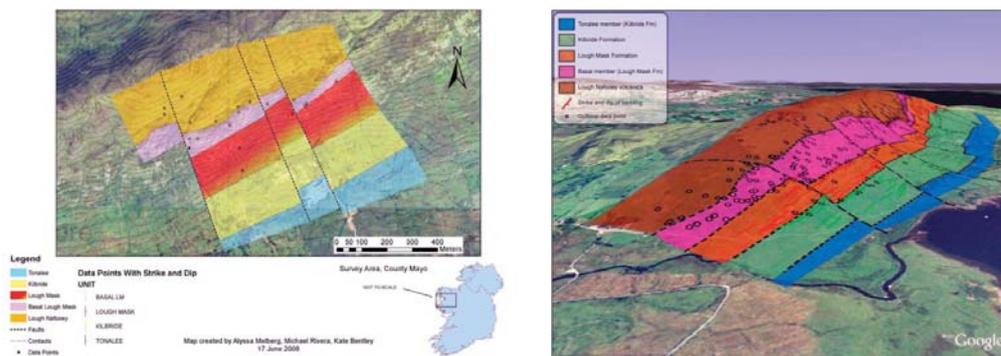


Fig. 53 Mapa geológico. Visualización en planta y usando un modelo virtual 3D [236]

2.4.14. Topografía

En topografía, también han sido usados los modelos para transmitir la información en clase, ya que la dificultad para la interpretación tridimensional se ha detectado en diversos estudios [239], en los que también se manifestaron las complicaciones surgidas en el trabajo con las curvas de nivel [240].

A través de los objetos tridimensionales se ayuda a aprender más fácilmente el contenido [241]. Así usando modelos digitales del terreno tangibles se comprende mejor el espacio tridimensional definido por mapas y planos [242], ayudando a la lectura, interpretación y realización de proyectos [213].

Por un lado, diversos autores presentan varios artículos [243] [244] donde se explica la utilización de modelos de caja de arena, Fig. 54, con el fin de que los estudiantes entiendan los mapas topográficos y la visualización de la información 3D contenida. Cada modelo está construido para exhibir una o más características topográficas (por ejemplo, pendientes empinadas vs suaves, colina, valle, cordillera, depresión).

La siguiente tarea es construir un mapa de papel. Esto proporciona una visualización de las relaciones entre los contornos y el paisaje que representan [245]. Se ha aplicado con alumnos sordos [246].



Fig. 54 Modelos de terreno con cajas de arena [243] [247] [248]

Otra investigación [247] ha realizado estudios de cómo obtener un mapa topográfico tridimensional creado con arena a partir de modelos vectoriales.

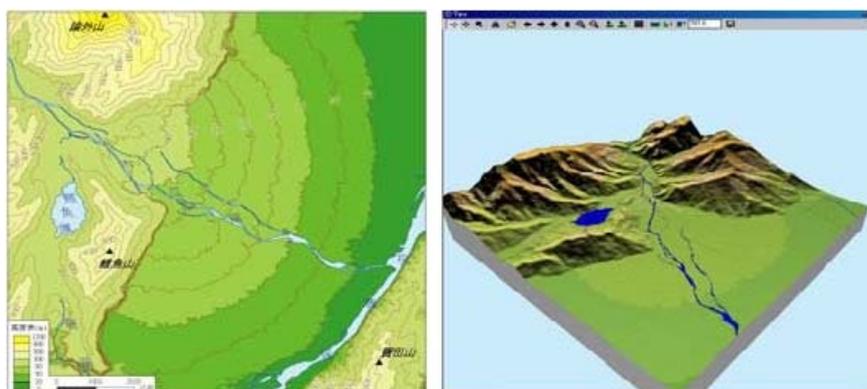


Fig. 55 Modelos del terreno realizados con SIG [249]

En cuanto a técnicas digitales, Lay y Shih [249], Fig. 55, han incorporado modelos 3D realizados con SIG para ayudar a los estudiantes a aumentar su capacidad de lectura de las líneas de nivel, también debatidas por Madsen y Rump [250].

Por otro lado, como parte de otro proyecto [251], los investigadores están desarrollando principalmente aplicaciones de visualización 3D para enseñar conceptos de las ciencias de la tierra, geográficos, geológicos, hidrológicos y de topografía utilizando una caja de arena en Realidad Aumentada (RA) que permita a los usuarios crear modelos topográficos en tiempo real, véase Fig. 54.

Estudios recientes [253] [252] han concluido que la RA es una herramienta muy poderosa para la representación, visualización e interpretación de terreno en 3D, (Fig. 56,

Fig. 57 y Fig. 58), utilizando mapas aumentados (Augmented Maps) [255], que permite la interacción directa de los gestos de la mano del usuario en un entorno tridimensional con la cartografía digital y que pueden sustituir a bajo coste otras técnicas de representación tridimensional de los mismos [254], Fig. 59.

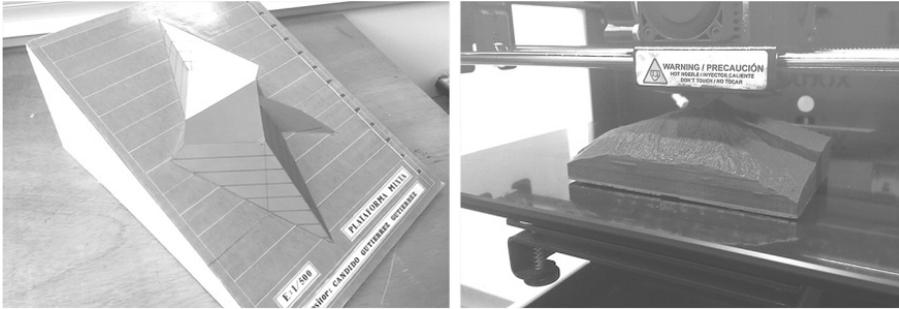


Fig. 56 Modelos de madera e impresión 3D [252]

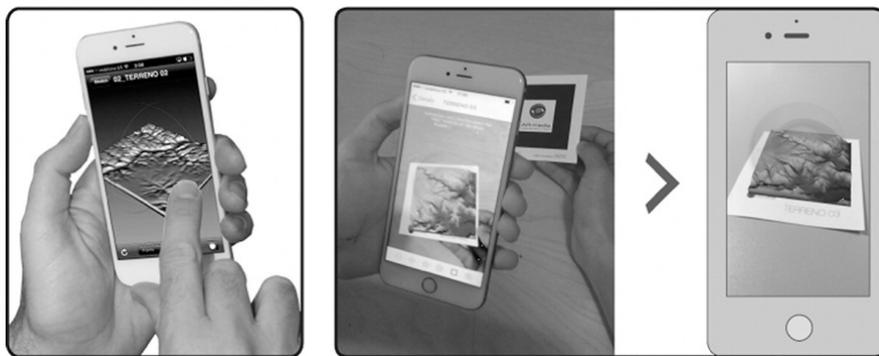


Fig. 57 RAM con smartphone [252]



Fig. 58 RAM con tablet [253]

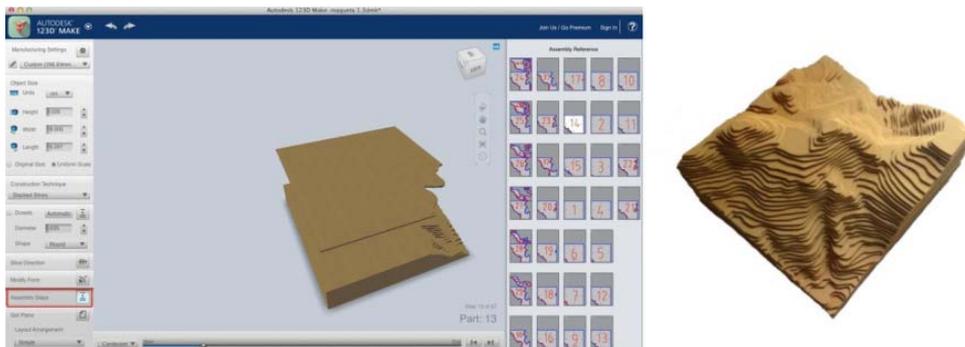


Fig. 59 Modelos 3D Autodesk 123 Make [254]

Tabla 5 Modelos tridimensionales usados en varias disciplinas

DISCIPLINA	MODELOS FÍSICOS	MODELOS VIRTUALES	REALIDAD AUMENTADA
Matemáticas	Geoespacio, [142] Maquetas en Integrales triples, [143] Visualizar funciones en Algebra, [144] Modelos de impresiones 3D, [152]	Geometría dinámica, Cabri 3D, [145]	Geometría con Construct3D, [147] Geometría con AG3DO, [151]
Biología	Modelos anatómicos en 3D, [153] [154]	Estructura anatómica corporal, [155]	Estructuras biológicas con Python Molecular Viewer, [156] Biología Celular, [157]
Química	Fundamentos de química, [158] Química orgánica, [159]	Modelos químicos computacionales, [160] Visualización y Modelado Molecular, [161] Modelos moleculares smartphones, [162]	Modelos de aminoácidos, [163]
Ingeniería	Modelos, [170] [171] Piezas sencillas de aluminio con caras pintadas, [172]	Google SketchUp, [173] Flash interactiva, [125] Habilidades espaciales, [164] Web multimedia juegos interactivos, [165] Perspectivas isométricas de piezas, [166] Taller de Visión Espacial, [167] Mesa de visión espacial, [168] PMR y AVS, [174] Uso de tablets, [175] Tableta multi-touch, [176]	AR-Dehaes, [177] Uso de RA, [181]
		Modelos físicos, SketchUp, o con RA, Urdarevik [169] Comparativas entre modelos físicos, tablets digitales y RA, [182]	
Ingeniería mecánica	Modelos de agujeros, ranuras, secciones y articulaciones, [169]	RA y PDF3D en estos ambientes [191], Hologramas para la visualización de piezas de ingeniería mecánica [192], Web3D y RA, [193]	Piezas mecánicas en RA, [184] RA libro y software Build-AR, [185] Aplicación a piezas complejas, [187] Ley Grashofs, [188] Visor interactivo 3D, en RA [190]
Bellas artes		Modelado 3D con Google SketchUp, [194]	Diseño basado en RA, [195]
Arquitectura		Tecnologías 3D TIC en lugar del dibujo tradicional, [196] CAD y modelos en 3D, [201]	VisAr3D, [202] U-AR, [203] Mantenimiento instalaciones, [208] TAR, diseño urbano, [209]
Ingeniería Edificación	Modelos de edificios en 3D, [210]	Modelado CAD 4D, [212] SketchUp, [210]	Bosquejo digital, [211]
Ingeniería Civil	Lectura e interpretación de la representación normalizada de los planos, [213]	Modelos didácticos virtuales, [218]	ARVita, equipos de construcción, [216] Animaciones 3D "establecido en la superficie de una mesa", [217]
Hidráulica	Topografía y el Riego, [219] Resalto hidráulico, [220]	Modelos físicos, matemáticos y modelos de simulación por ordenador, [220]	
Geografía	Para alumnos con discapacidad visual, [221] Maquetas, aprendizaje más activo, [222]	Dispositivos móviles, mejora del pensamiento espacial, [224], [225]	Logística militar a nivel docente, [226] ARToolkit, relaciones entre el sol y la tierra, [227]
Geología	Comprensión mapas, [230] [234] Erosión de un paisaje, [228] [231] Determinan la formación de elementos geológicos [232] [233]	SketchUp, [229] Entornos digitales, [236]	Smartphones y tablets, RA fieldVis, [235]
Topografía	Modelos de caja de arena, [243] [244] A partir de modelos un formato de gráficos vectoriales, [247] Maquetas de terrenos en proyectos [242] [213]	Modelos 3D con SIG, lectura de las líneas de nivel, [249], [250] Con Autodesk 123 Make [254]	Leer un mapa de la topografía, caja de arena en RA, [251] Augmented Maps, [255], [238] Tecnologías para lectura 3D, [252] Trabajo con líneas de nivel, [253]

2.4.15. Resumen

Como resumen, se puede observar como los modelos 3D, (tangibles físicos y digitales, y aquellos que utilizan Realidad Aumentada), se han utilizado en una gran cantidad de disciplinas como instrumentos en el proceso de enseñanza aprendizaje con el fin de

mejorar la capacidad espacial de los alumnos y/o la transmisión de contenidos asociados. Tabla 5. Sin embargo, hasta el comienzo de esta tesis no se había observado que se hubiese utilizado este tipo de modelos para la enseñanza del control de las líneas de nivel en topografía para realizar la comprensión de los movimientos de tierras, hecho si observado con posterioridad en publicaciones [252] [253] [254] más recientes al comienzo de la misma.

Además, en el caso del trabajo que nos ocupa es imposible disponer de los terrenos de trabajo en el aula, por ello, se ha propuesto el uso de dichos modelos para la comprensión y el entrenamiento del uso de las líneas de nivel, mostrando en este trabajo en el caso número 1 una comparativa del uso de distintos modelos 3D utilizando PDF3D, SketchUp y Realidad Aumentada.

Por otro lado, la novedad de esta experiencia en el caso 2 es que el uso de los modelos 3D se ha desarrollado a lo largo de todo el curso dentro del día a día de clase, no sólo en periodos específicos ni en actividades aisladas, además de en todos los campos del dibujo técnico, (CAD, Diédrico, Perspectiva y Planos acotados), dentro de las prácticas que contenía la asignatura.

2.5. Taxonomía de Bloom

Un instrumento decisivo para la creación de actividades para el desarrollo de capacidades es la Taxonomía de Bloom y la Taxonomía Revisada de Bloom [256], véase Fig. 60.

Esta taxonomía cognitiva considera seis niveles de aprendizaje, diferenciados por complejidad y considera que para que exista un aprendizaje perteneciente a un nivel superior es necesario que se hayan logrado los pertenecientes a los niveles inferiores.

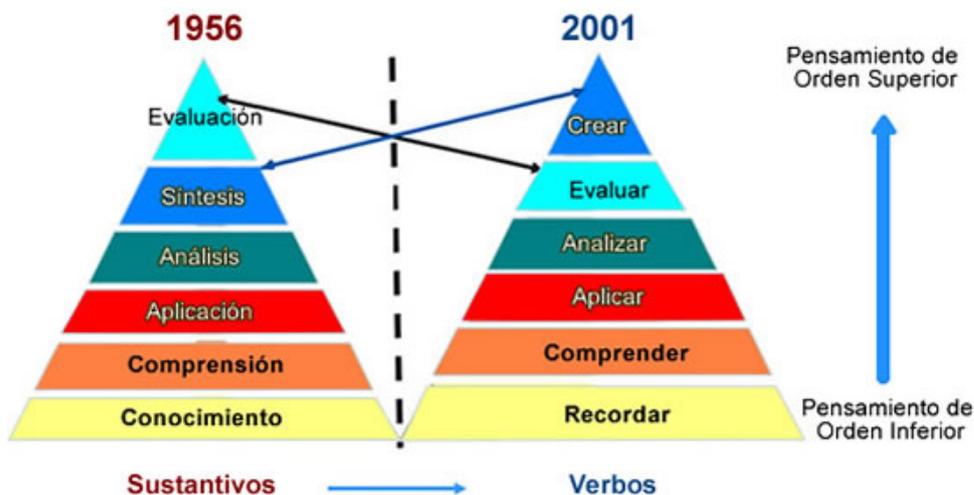


Fig. 60 La Taxonomía de Bloom y la Taxonomía Revisada de Bloom [257]

La Taxonomía primigenia definida por Bloom describe a cada nivel con un sustantivo, (Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación), entendiendo el primero de ellos como el más básico de todos.

La Taxonomía Revisada de Bloom, varía los niveles cognitivos superiores de complejidad y sustituye los sustantivos que los definen por verbos a los cuales se les asocian una serie de verbos clave. De nuevo de inferior a superior.

- **Recordar** - Reconocer, listar, describir, identificar, recuperar, denominar, localizar, encontrar.
- **Entender** - Interpretar, resumir, inferir, parafrasear, clasificar, comparar, explicar, ejemplificar.
- **Aplicar** - Implementar, desempeñar, usar, ejecutar.
- **Analizar** - Comparar, organizar, de-construir, atribuir, delinear, encontrar, estructurar, integrar.
- **Evaluar** - Revisar, formular hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear.
- **Crear** - Diseñar, construir, planear, producir, idear, trazar, elaborar.

La propuesta es un continuo que parte de habilidades de pensamiento de orden inferior y va hacia habilidades de pensamiento de orden superior. De tal manera que al diseñar cursos, deben plantearse actividades en orden progresivo en complejidad, siguiendo los niveles de la taxonomía referida, partiendo de los niveles inferiores hasta conseguir llegar a los superiores.

Partiendo de experiencias en expresión gráfica, en cursos para la mejora de la capacidad espacial en dibujo técnico, en las que se ha seguido la Taxonomía de Bloom para el diseño de actividades, [190] [258] [259], se organizan los apuntes del curso teniendo en cuenta esa clasificación, en la medida de lo posible.

2.6. Método motivacional ARCS

El diseño tradicional de la docencia en el área técnica se ha centrado en la producción de la instrucción eficiente y eficaz, puesto que se parte de la creencia de que una buena clase magistral por sí sola es suficiente para que posteriormente el alumnado consiga dominar la tarea. Sin embargo, existe otro factor determinante que estimula y sostiene el comportamiento ante aprendizaje la motivación [260] ya que, aun siendo buena la primera, el alumnado no aprenderá sin tener suficiente motivación, como se ha puesto de manifiesto en estudios [261] [262], donde se ha corroborado que alumnos muy motivados tienen más probabilidades de acabar con éxito un curso, y que éstos superan a los estudiantes con menor nivel de motivación intrínseca.

En psicología de la educación, existe una estrecha relación entre motivación y aprendizaje efectivo, es decir, a mayor motivación, mejor resultado en el aprendizaje [263], la motivación explica el comportamiento de los individuos, especialmente dirigido a un objetivo [264].

La teoría de la expectativa-valor, la teoría de metas y la teoría de la atribución [265], son las tres teorías clave para explicar la motivación [266].

En la primera de ellas la motivación de las personas para hacer algo estará determinada por el valor que asignen al resultado de su esfuerzo, multiplicado por la confianza que tienen de que sus esfuerzos, sumados a la respuesta del medio, contribuirán materialmente a la consecución de la meta [267].

En la segunda, se explica que el alumno se siente motivado gracias las expectativas y a los valores que los individuos otorgan a las diferentes metas y actividades a realizar [268].

En la última de ellas, se analiza la forma en cómo el éxito o el fracaso en una asignatura es explicada por el estudiante atribuyendo dicho éxito/fracaso a causas externas, como la suerte, dificultad de la tarea o la ayuda de otros; o a causas internas, como el méritos propio debido al esfuerzo, la habilidad o al estado de ánimo [269].

Por otro lado, podemos mencionar que la real academia de la lengua define el concepto de la motivación como el conjunto de factores internos o externos que determinan en parte las acciones de una persona. Una primera conclusión de esta definición es la distinción entre dos tipos de motivación, la extrínseca, o procedente de una fuente externa; y la intrínseca, propia de la actividad, por estar compuesta por determinados elementos que la hacen ser calificada como agradables [270].

Este aumento en la motivación intrínseca, es lo que se ha pretendido con este experimento, por ende, se va a estudiar como la incorporación de los modelos tridimensionales influye en uno de los conceptos psicológicos más importantes en la educación: la motivación de los alumnos frente a la tarea a desarrollar [271]. Esto es así puesto que dicho elemento atrae a los estudiantes para completar las actividades de aprendizaje [272], y la falta del mismo impide o disminuye la concentración frente a la tarea a llevar a cabo [273].

Los modelos 3D así entendidos suponen, por tanto, un elemento que sigue el Modelo de Instrucción por Andamiaje de Jerome Bruner [274], donde el alumnado puede apoyarse a la hora de hacer las prácticas propuestas, hasta que puedan realizarlas por sí mismos independientemente [275]. Así la incorporación de los mismos se hace de una manera progresiva. [276] El profesor los utiliza en clase e indica cómo se usan con guías de uso, la clase lo lleva a cabo posteriormente, primero ayudándose el alumnado entre sí, para finalmente utilizarlos de manera autónoma.

Este modelo es totalmente compatible con el modelo ARCS [277] [278] desarrollado por John M. Keller y apoyado en la teoría de la expectativa-valor principalmente.

Dicho modelo puede ayudar a los profesores a analizar la motivación del grupo de estudiantes después de la introducción de un nuevo material didáctico [279]. Se ha aplicado en diversos estudios en la medición de la variación de la motivación de los estudiantes al introducir diversos elementos en la instrucción [280] [272] [281].

Así en este modelo, el autor distingue cuatro componentes de la estrategia a seguir esenciales para motivar al alumnado para aprender durante la instrucción: atención (A), relevancia (R), confianza (C) y satisfacción (S) [278], véase Fig. 61. Éstos son fundamentales para medir la influencia que tiene en la motivación de un individuo la introducción de nuevos materiales. Dichos factores, a su vez están compuestos por otros más simples.

- **Atención (A)**

Por ejemplo, en el caso de la atención, los materiales deben ser capaces de captar la curiosidad, el entusiasmo y el interés de los estudiantes [282], adoptando la participación activa de tipo práctico de los alumnos con materiales que sean imprevistos o novedosos. Este es el caso del uso de las TIC con los modelos 3D planteados, puesto que en casi todos los casos no son conocidos por los alumnos previamente y utilizan un lenguaje muy familiar y atrayente por ellos, puesto que son similares a los elementos lúdicos a los que

ellos están acostumbrados dentro del mundo audiovisual que están acostumbrados a moverse desde pequeños.

- **Relevancia (R)**

La relevancia o pertinencia de los materiales usados, hace referencia a la conexión que sienten los alumnos hacia el elemento introducido en el proceso de aprendizaje, con las necesidades de aprendizaje que tienen los estudiantes, con sus objetivos y con las experiencias pasadas, así como con sus preferencias de aprendizaje [283]. Pensamos que el lenguaje de los modelos 3D es acorde con la tecnología usual en el alumnado en estudio, y que si realmente son aplicables en el aprendizaje, el uso se mantendrá y serán demandados [284].

- **Confianza (C)**

La confianza, tiene conexión con los sentimientos de control personal y la esperanza de éxito, que piensa el alumno va a alcanzar al final del proceso de aprendizaje debido a llevar a cabo la instrucción propuesta. Si ellos piensan que el costo, (tiempo y esfuerzo), es menor al utilizar los modelos 3D, su motivación aumentará al utilizarlos. Esto es independiente de la confianza de los alumnos a pasar la asignatura, puesto que si a la hora de evaluarlos el examen final es determinante, al tener dominio sobre las TICs, éstas junto con los modelos 3D, pueden presentarse como un aliado en su entrenamiento y podría hacer que caso de que se aumentase su visualización espacial, se puede transmitir la esperanza de acabar con mayor éxito en la asignatura.

- **Satisfacción (S)**

La satisfacción, está conectado con la positividad con la que los estudiantes afrontan las experiencias de aprendizaje. Así si los alumnos se sienten satisfechos con la experiencia propuesta, por el logro de hacer las tareas mejor gracias a los modelos 3D, éstos mantendrán niveles adecuados de motivación [285].

Por lo tanto, siguiendo el modelo planteado por Keller, si la introducción de los modelos 3D mejora los factores anteriores, (atención, relevancia y confianza), podemos afirmar que el alumnado estará más motivado para aprender. Si, además, tienen sentimientos de satisfacción por la mejora de sus resultados de aprendizaje, podemos afirmar que se puede mantener el deseo de aprender.

Es por esto, por lo que se plantea que todos esos factores puedan ser medidos con una encuesta denominada (Instructional Materials Motivation Survey (IMMS)) [280], que es un instrumento derivado del modelo ARCS, que tiene como objetivo la evaluación del grado de motivación de los alumnos.



Fig. 61 Componentes de la Motivación

Para ello, la encuesta original constaba de 36 preguntas con respuestas en una escala tipo Likert de 5 puntos, relativos a los factores anteriormente nombrados, para así obtener la medida de los factores deseados. Con la suma de todos los valores obtenidos se consigue una puntuación global para la motivación. Ha sido usado en otros estudios [286] [287], pero hasta ahora no ha sido validada extensivamente.

En nuestro estudio el IMMS va a modificarse ligeramente concretándose en 20 ítems, escala tipo Likert de 5 puntos, que se centran en la diferencia de motivación de los estudiantes de ambos grupos de estudio del caso número 2, en los que la única diferencia reseñable en la instrucción es la asistencia durante la misma de los modelos tridimensionales, ya que el resto de factores externos como el instructor, los materiales didácticos, las estrategias y las instalaciones existentes son similares.

Este cuestionario completo puede consultarse en Tabla 6, donde se reflejan las 20 preguntas, con las diferencias de las cuestiones entre los dos grupos, el orden de las mismas y la pertenencia de las cuestiones a cada una de las subescalas explicadas.

Tabla 6 Cuestionario IMMS. ARCS

ARCS			CUESTIÓN
	N	XN	
ATENCIÓN	1	A1	La tarea [con los modelos 3D] puede atraer mi interés desde el principio
	5	A2	Las partes de la asignatura explicadas [con modelos 3D] me parecen notables
	9	A3	[Con los modelos 3D] he descubierto interesantes conocimientos en la asignatura
	13	A4	[Los modelos 3D de] la asignatura captan mi atención
	17	A5	La asignatura es muy atractiva [gracias a los modelos 3D]
RELEVANCIA	2	R1	Los contenidos estudiados [con los modelos 3D] son muy parecidos a los problemas existentes en entornos reales
	6	R2	El contenido [de los modelos 3D] es muy práctico para mí
	10	R3	Después de estudiar [con los modelos 3D], me doy cuenta de su importancia educativa
	14	R4	El contenido [junto con los modelos 3D] es muy importante para comprender otras materias
	18	R5	El contenido [y diseño 3D] del material me dan ganas de estudiarlo
CONFIANZA	3	C1	[Gracias a los modelos 3D] tengo la impresión de que la asignatura la puedo recordar fácilmente después de las explicaciones en clase, incluso por primera vez
	7	C2	Los contenidos de la asignatura [vistos en 3D] han sido fáciles para mí
	11	C3	[Con el material 3D] es fácil de estudiar
	15	C4	El material [3D] tiene una buena estructura organizativa y de diseño; por lo tanto, estoy seguro de que puedo dominarlo
	19	C5	[Debido al uso de los modelos 3D] estoy seguro de que puedo conseguir una puntuación alta en el examen
SATISFACCIÓN	4	S1	Estoy más interesado en la Expresión Gráfica y el diseño ahora que ha acabado el curso [usando los modelos 3D]
	8	S2	Me siento satisfecho cuando logro terminar las prácticas [gracias a los modelos 3D]
	12	S3	Me gusta realizar las prácticas de la asignatura porque puedo estudiar autónomamente [gracias a los modelos 3D facilitados]
	16	S4	Me parece interesante estudiar la asignatura debido a su diseño [tridimensional elaborado]
	20	S5	Estoy contento de haber completado con éxito las prácticas del curso [gracias a los modelos 3D]

(*) [Entre corchetes] Parte de la frase sólo incluida en la encuesta del GX.

(**) Para más información: <http://www.arcsmodel.com>

Es decir, al utilizar el IMMS en dos grupos similares de alumnos, GC y GX, en la parte práctica de una asignatura con la misma instrucción cuya diferencia es la utilización de

modelos 3D, las diferencias mostradas en dicha evaluación del GX con respecto del GC serán debidas, en este caso, a los materiales didácticos utilizados: los modelos tridimensionales.

2.7. Método Bipolar Laddering BLA

Se ha querido realizar un estudio de la usabilidad del método utilizado realizando un análisis cualitativo de la información, utilizando el Método Bipolar Laddering, BLA, usado en experiencias similares [288], derivado de trabajar con muestras reducidas de alumnos.

Se considera que el alumno es el que forma parte del centro del proceso de enseñanza aprendizaje, y por lo tanto su opinión es clave para mejorar la experiencia, es decir, deben ser tenidos en cuenta en el diseño y evaluación del proceso.

De la información obtenida se podrá saber si los dispositivos son o no, lo suficientemente fiables, precisos y ergonómicos. También nos revelará si brindan calidad suficiente en cuanto a su alcance y latencia y si son bien acogidos por los mismos, o si por el contrario se muestran como un impedimento que aleja al alumno del aprendizaje, experimentándolo como algo distante, raro, excesivamente tecnológico o poco intuitivo.

El estudio conlleva las siguientes partes.

- Trabajo con el alumnado:

1. Elicitación.

El alumnado enumera los distintos aspectos que considera reseñable de la experiencia llevada a cabo, es decir, ha de contestar aquello que le ha gustado más y menos de las prácticas llevadas a cabo, diferenciando los que se aprecian positivamente de los que se califica negativamente. La descripción ha de ser breve con una sola palabra o una oración corta. No se han limitado en número de respuestas, tan sólo se ha exigido un mínimo de tres en cada una de las columnas indicadas.

2. Valoración.

Independientemente de las apreciaciones positivas o negativas de los aspectos señalados en la Fase 1, en esta fase los alumnos los califican individualmente desde un mínimo nivel de 0 a un máximo nivel de 10.

3. Definición.

En este punto los alumnos justifican las valoraciones asignadas en la Fase 1 y 2, es decir, han de justificar el porqué de la valoración positiva/negativa y la puntuación dada. Finalmente se les pide una solución factible a los aspectos negativos y una mejora posible a los aspectos positivos.

- Trabajo del profesor:

4. Polarización.

Se ordenará toda la información:

- Aspectos positivos/negativos (Px/Nx): distinguiendo los elementos experimentados como positivos de los negativos por todos los alumnos, por un lado, junto con sus puntuaciones, por otro.

- Aspectos comunes/particulares (xC/xP): observando la cantidad de veces que se ha repetido un elemento, diferenciando las contestaciones que sólo se han repetido una vez, (particular), de las que se han repetido varias veces, (comunes).

A partir de este momento se puede deducir que los aspectos con una tasa de citación más elevada son los aspectos más notables del sistema y, por lo tanto, son los que se han de usar, o sobre los que se han de actuar con más urgencia, en función de su signo positivo o negativo.

Los aspectos particulares con una tasa de citación baja, que son los que menos se han repetido, son los elementos a descartar o a tratar con menor premura.

Finalmente, estos elementos pueden clasificarse y compararse entre ambos grupos de alumnos.

2.8. Usabilidad

Para que una herramienta educativa sea definitivamente usada asiduamente en clase ha de satisfacer los requisitos funcionales que se esperan de ella. Por ello, la usabilidad se considera como un factor de calidad que favorece que se produzca exitosamente la interacción alumno contenido. Si el estudiante se frustra al utilizar una determinada herramienta por no conseguir los objetivos propuestos, dejara de usarla. Por esto puede deducirse que para que los modelos 3D aseguren su triunfo deben ser usables. Se plantea, por lo tanto, la exigencia de métodos para evaluar esta usabilidad.

Sin embargo, se carece de una definición homogénea del concepto de usabilidad en el campo que nos ocupa: la Interacción Persona Ordenador (IPO). De hecho existen diferentes propuestas [289] [290], o como la que la define como la capacidad de una aplicación o producto para dejarse usar con facilidad y de forma intuitiva, o sea, facilitar la experiencia del usuario en lugar de entorpecerla [291], pero las más utilizadas son las reunidas en las normas.

La ISO 9241-201 [292], define la usabilidad desde la perspectiva de la interacción del usuario como: “La medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado”.

La ISO 9126-1 [293] determina que es “la capacidad que tiene un producto software para ser entendido, aprendido, operable, atractivo para el usuario y conforme a estándares/guías, cuando es utilizado bajo unas condiciones específicas”.

La norma ISO/IEC 25000 (2005), SQuaRE (Software Quality Requirement Evaluation) [294], define la calidad según el contexto desde donde se aplique, así distingue un modelo de calidad de software, que busca la evaluación de un software específico; el modelo de calidad de datos, que evalúa los datos manipulados por dicho software; y el modelo de calidad en uso, que pretende la valoración del producto en un entorno concreto.

Así esta norma descompone la calidad de uso en tres subcomponentes: Usabilidad en Uso, Flexibilidad en Uso y la Seguridad. Si nos centramos en la primera de ellas, esta misma norma la clasifica en: Efectividad en uso, Eficiencia en uso, Satisfacción en uso y Usabilidad en uso adherida a las normas.

Este último punto de la medición de la Usabilidad en uso, es decir, en el momento de interacción de los estudiantes con los modelos 3D se refiere a como los alumnos logran los objetivos propuestos con efectividad, eficiencia y satisfacción principalmente, aspectos recogidos en normas anteriores.



Fig. 62 Componentes de la Usabilidad

Por ello, en el presente estudio se plantea como información importante el conocer tanto la efectividad y eficiencia de los modelos tridimensionales presentados, como el grado de satisfacción de los estudiantes, como usuarios de dicha tecnología en estudio, para conocer así la usabilidad de las mismas.

Las evaluaciones requerirán la contestación de los usuarios de diferentes cuestionarios realizado *ad hoc*, ante la falta de consenso en este aspecto. Se pueden nombrar algunos estudios realizados sobre la usabilidad de estas tecnologías en entornos similares en la Expresión Gráfica con piezas sencillas [180] [34], comparando la misma entre varias tecnologías [183]. En este caso, se pretende cuantificar las componentes de la usabilidad de los modelos tridimensionales digitales propuestos en el estudio de las líneas de nivel y de la Expresión Gráfica.

Las aportaciones del estudio podrán ser introducidas en cursos venideros como medidas de mejora, tanto de los materiales didácticos como de los medios utilizados, aumentar la satisfacción del alumnado, y conocer si es posible su implantación en otros entornos docentes. Para ello, es necesario el conocimiento de las componentes que forman parte de la Usabilidad, Fig. 62.

De ahí que se haya planificado un cuestionario, con la idea de a valorar las tres componentes de la usabilidad, definidas por la norma y redefinidas por Bevan [295] según los criterios de las normas comentadas, y que ya ha sido utilizada en otras experiencias de valoración de tecnologías similares [296] [297] [298]:

- **la Efectividad (E1):** Exactitud e integridad. Un producto es efectivo según el grado de precisión con que se realizan las tareas y grado de consecución con que los usuarios cumplen o logran los objetivos para los que está diseñado. Por ello, para los alumnos los modelos 3D presentados serán más efectivos cuanto con más exactitud le permita la realización de las tareas propuestas que sin la existencia de los mismos, en relación a la ayuda extra que puedan proporcionar los modelos 3D para que el estudiante comprenda mejor la tarea a realizar y en todas las posibles cuestiones planteadas.
- **la Eficiencia (E2),** Balance entre recursos asignados y el tiempo/esfuerzo necesario para concluir las prácticas formuladas. Un producto es eficiente cuanto más rápido puede realizar las tareas para las que ha sido diseñado. Los modelos 3D presentados serán más eficientes cuanto más rápido permita a los alumnos la realización de las tareas propuestas que sin la existencia de los mismos, ya que disminuyen la carga mental que requiere la tarea al hacerla más intuitiva, reducen el esfuerzo mental necesario para la realización de la misma, adaptándose a las necesidades del usuario.

- **la Satisfacción (S):** Es un factor de éxito para cualquier producto y se refiere, primero, al cumplimiento de expectativas depositadas en los modelos 3D en relación a que cumplen con la función que el alumnado presuponía iban a brindar sin perjuicio de sus intereses. El alumnado estará más satisfecho con los modelos 3D presentados cuanto mejor resuelvan sus dudas a la hora de realizar las tareas propuestas que sin la existencia de los mismos. Segundo, la atracción que siente el alumnado mientras los usa. Ese grado de aceptación por parte del usuario depende de la ausencia de incomodidad, existencia de actitudes positivas y que no percibe amenazas para su integridad física, o sea, cuanto más cómodos se sientan con ellos.

CAPÍTULO 3
DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE MODELOS 3D

3. Diseño e implementación de modelos 3D

Se han diseñado experiencias bajo la premisa de que los modelos tangibles digitales 3D son una buena propuesta para mejorar el proceso de comprensión de la Expresión Gráfica en la Ingeniería de manera general, con un entorno con gran heterogeneidad de alumnos, siendo adaptable a diferentes estilos de los estudiantes.

3.1. Hardware y Software necesario

Los requerimientos técnicos de hardware no son muy exigentes, si acaso, 1 Gb de RAM.

Respecto de los diferentes programas y aplicaciones disponibles que trabajan con modelos tridimensionales y Realidad Aumentada se realizó una búsqueda intentando que los programas utilizados sean o de versión educacional o de software libre.

Para el diseño de los modelos se eligió los programas que se manejaban previamente puesto que eran los que se tenía más soltura, ya que con prestaciones similares a otros existentes, éste hacía que se ahorrara tiempo en la producción de elementos con los cuales trabajar posteriormente, por ello se utiliza software de CAD (AutoCAD) [299] y SketchUp [23], para el diseño tridimensional básico de los elementos.

Para la visualización de otros modelos tridimensionales se ha utilizado por un lado el programa Adobe Acrobat 9 Pro Extended [24], para los archivos PDF3D.

Respecto de la Realidad Aumentada, se realizó una búsqueda de los programas existentes, Tabla 3, se manejaron varios programas y se decidió utilizar los programas de gestión de RA, Aumentaty© Author y Aumentaty© Viewer) [102], por su facilidad de uso, claridad, sencillez, tanto en su versión para el autor de la información, Aumentaty© Author, Fig. 63, como para el receptor de la misma, Aumentaty© Viewer, Fig. 64, no existiendo en la interfaz del mismo, elementos distractores para los alumnos. La descarga de los programas para los alumnos se realiza directamente, tras darse de alta en la página, en: <http://author.Aumentaty.com/descargas>

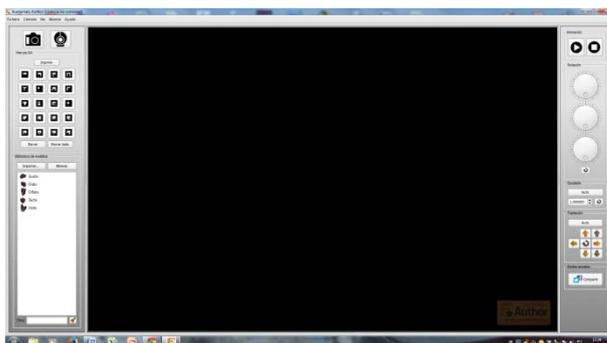


Fig. 63 Interfaz de Aumentaty© author



Fig. 64 Interfaz de Aumentaty© viewer

Finalmente, la exposición de información puede complementarse con dispositivos móviles, smartphones y tablets, que posean una app capaz de mostrar la RA (Aumentaty© viewer app) [102].

La distribución de los archivos se realiza a través de pen drive, debido a limitaciones en el peso de los mismos, aunque se facilita esta tarea con un buen acceso a internet para poder compartir la información con una plataforma Moodle [300].

El primer paso a realizar por parte de los alumnos será la búsqueda y descarga gratuita de la aplicación desde este enlace <http://author.Aumentaty.com/descargas> o desde la Google Play/Apple Store en función del tipo de dispositivo utilizado Android© o iOS©, respectivamente. Inmediatamente se procederá a la instalación de la misma en su dispositivo.

En ambos casos, tanto en la RA fija como en la móvil, tras la descarga de los archivos facilitados por el profesor en de la plataforma Moodle, estos pueden abrirse. Lo que va a observar el alumno es lo mismo que es captado por la cámara del dispositivo, con la única diferencia de qué en realidad se está viendo a través de la aplicación descrita, por ello al apuntar con la cámara hacia un marcador de los facilitados, se va a poder a ver los objetos tridimensionales en la pantalla del dispositivo.

En el caso de los archivos PDF3D, Fig. 65, o SKP, tras la descarga de los mismo, éstos pueden visualizarse con los programas mencionados de libre acceso.

El alumno, por tanto así realiza los ejercicios a la vez que visualiza los modelos 3D facilitado por la plataforma, Fig. 66; o igualmente, puede acompañar las explicaciones del profesor con la visualización de dichos modelos. Puede elegir la tecnología deseada que se adapte mejor a sus necesidades y preferencias.

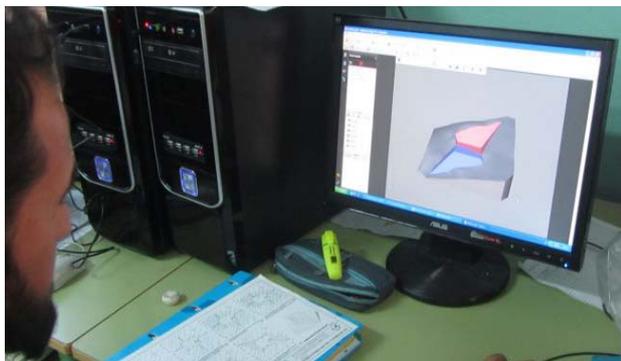


Fig. 65 Movimiento de tierras, PDF 3D

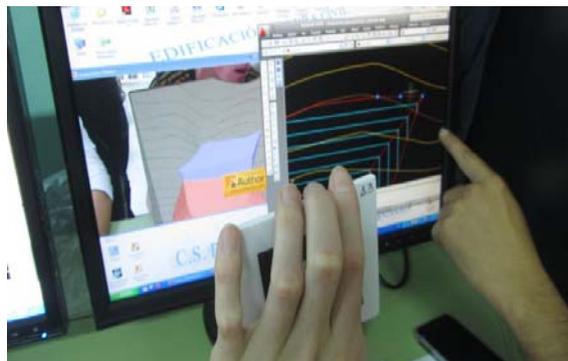


Fig. 66 Detalle Movimiento de tierras

3.2. Elementos auxiliares

Para la visualización de los elementos en RA se requieren además los marcadores fiduciales que son unos elementos impresos. Si los mismos se captan en la pantalla del dispositivo a través de la aplicación específica de RA, sobre ellos dicho programa proyectará la imagen del modelo 3D deseado.

Es decir, los marcadores fiduciales son la conexión entre el autor y el observador de la Realidad Aumentada, por lo tanto, en este caso entre el profesor y el alumno. Es el elemento impreso al que el autor conecta los modelos 3D digitales previamente diseñados y que el usuario de la Realidad Aumentada capta desde la cámara de su dispositivo, ya sea fijo o móvil para poder ver dicha información.

Los marcadores utilizados están previamente diseñados y fijados por el programa de RA usado, el cual los facilita a través de un libro de marcas en formato pdf imprimible. Son un total de 20, véase Fig. 67 y Fig. 68, en este caso, por lo que este es el número máximo de modelos tridimensionales asociables a marcadores fiduciales por archivo en Realidad Aumentada, combinación más que suficiente. En caso de necesitar más, lo que hay que realizar es otro archivo con otra nomenclatura repitiendo el marcador, lo cual no supone ningún problema, puesto que este nuevo archivo estará perfectamente identificado.

Estos marcadores pueden estar impresos en distintos tamaños, lo cual influirá en la apariencia volumétrica o dimensión del modelo 3D presentado. En este caso, los marcadores utilizados en un principio fueron realizados en goma EVA; con la idea de que fueran rígidos y lavables; de dimensiones de 7,00 x 7,00 cm. Es una forma de tener un elemento de dimensiones ergonómicas, donde el modelo presentado en 3D, tiene una dimensión apropiada y con una base que impide que el marcador se doble y se pierda la imagen del mismo en la pantalla.

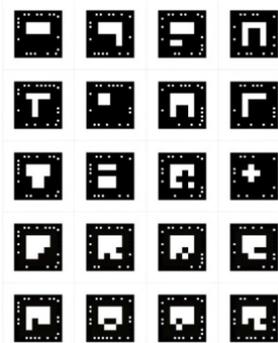


Fig. 67 Marcadores fiduciales en RA

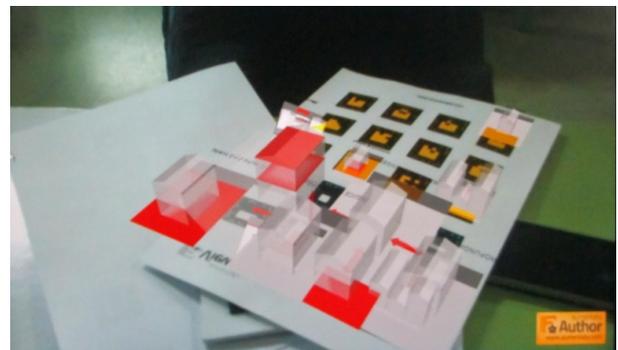


Fig. 68 RA sobre plantilla de marcadores

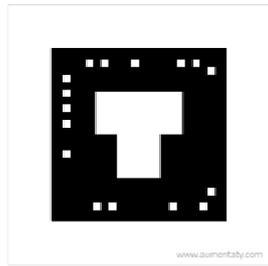
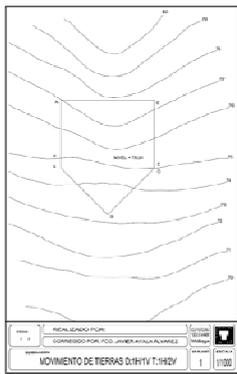
Con la modificación de la versión del programa se observó la imposibilidad de reproducir los nuevos marcadores definidos por el mismo, puesto que los nuevos marcadores eran similares a los primeros pero poseían unos orificios en su interior que no eran reproducibles por medios manuales en los tamaños deseados, véase Fig. 69. Es por ello por lo que los siguientes se realizaron impresos directamente en papel, encuadernados con tapa rígida en tamaño A5.



Fig. 69 Marcadores usados en RA distintas versiones del programa

Hay que indicar que es muy importante utilizar los marcadores correspondientes a la versión del programa que se está utilizando, ya que en el caso de no usar la misma versión, sobre los marcadores utilizados no lograremos observar la Realidad Aumentada con la misma nitidez o se habrá perdido texturas, no asegurándose el éxito en la creación de los apuntes aumentados.

3.3. Material didáctico “aumentado”



- Nombre o/y Código
- Representación en 2D
- Texto explicativo
- Marcador fiducial RA

Fig. 70 Hoja de trabajo y marcador

En nuestro caso, se asocian marcadores de referencia en los apuntes, fichas o ejercicios facilitados junto a la representación en dos dimensiones que se desea ampliar, véase Fig. 70, o con imágenes de ayuda junto con un texto breve de la explicación a lo que se refiere, lo cual orienta más al alumno en referencia a la información que se pretende que comprenda. Se facilitan en papel o PDF. Aunque siempre es recomendable tener los marcadores aparte en un elemento manejable que sea algo rígido, ya que es más ergonómico.

También es necesario situar un nombre o/y código al ejercicio para que sea relacionado con el archivo correspondiente a situar en la plataforma, para que no presente problema de identificación de la correspondencia entre qué ejercicio corresponde a que ejercicio/apunte, y viceversa.

Por otro lado, se facilitan una hoja de papel guía que contiene los pasos que los orientan en el proceso, véase Fig. 71.

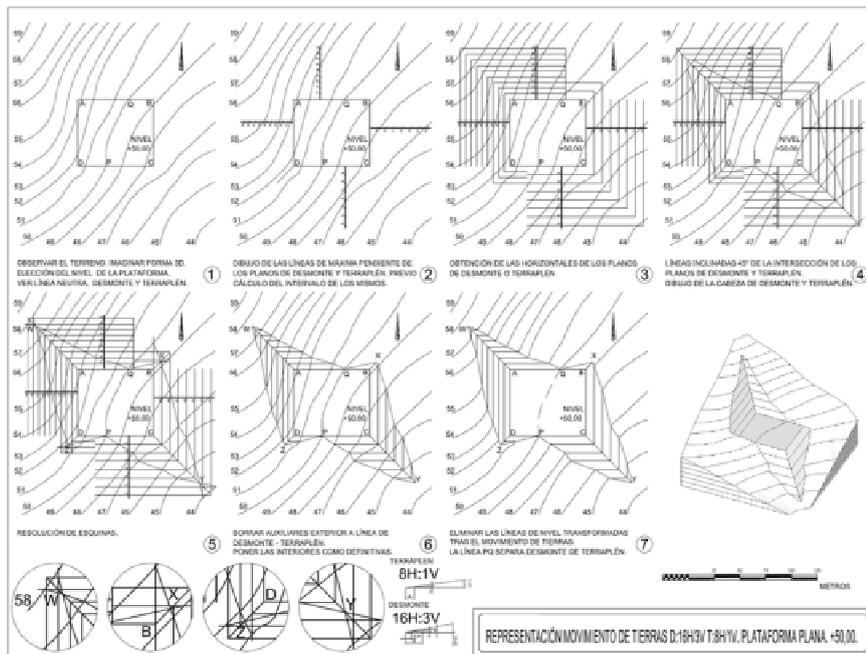


Fig. 71 Pasos a seguir en los ejercicios

García Jiménez [301], ofrece la hipótesis de que “si ofrecemos al estudiante material impreso en papel, complementado con figuras ilustrativa (marcadores) que permitan activar una capa de información digital multimedia, visualizable con su propio dispositivo, estaremos facilitándole un material didáctico más potente”.

Es lo que se ha ofrecido al alumnado junto con las explicaciones de clase, material en el que se mezcla la información facilitada en papel o PDF, tanto gráfica como escrita, junto con los modelos tridimensionales diseñados que pueden ser observados utilizando las herramientas de visualización explicadas. Así se aumenta la capacidad comunicativa de los mismos, gracias a los modelos 3D creados.

3.4. Preparación de los Modelos 3D

El diseño de los modelos 3D desarrolla los contenidos a transmitir acordes con el currículum a desarrollar, siendo importante la preparación final de la visualización del modelo, definiendo parámetros como dimensiones, giros, posiciones...

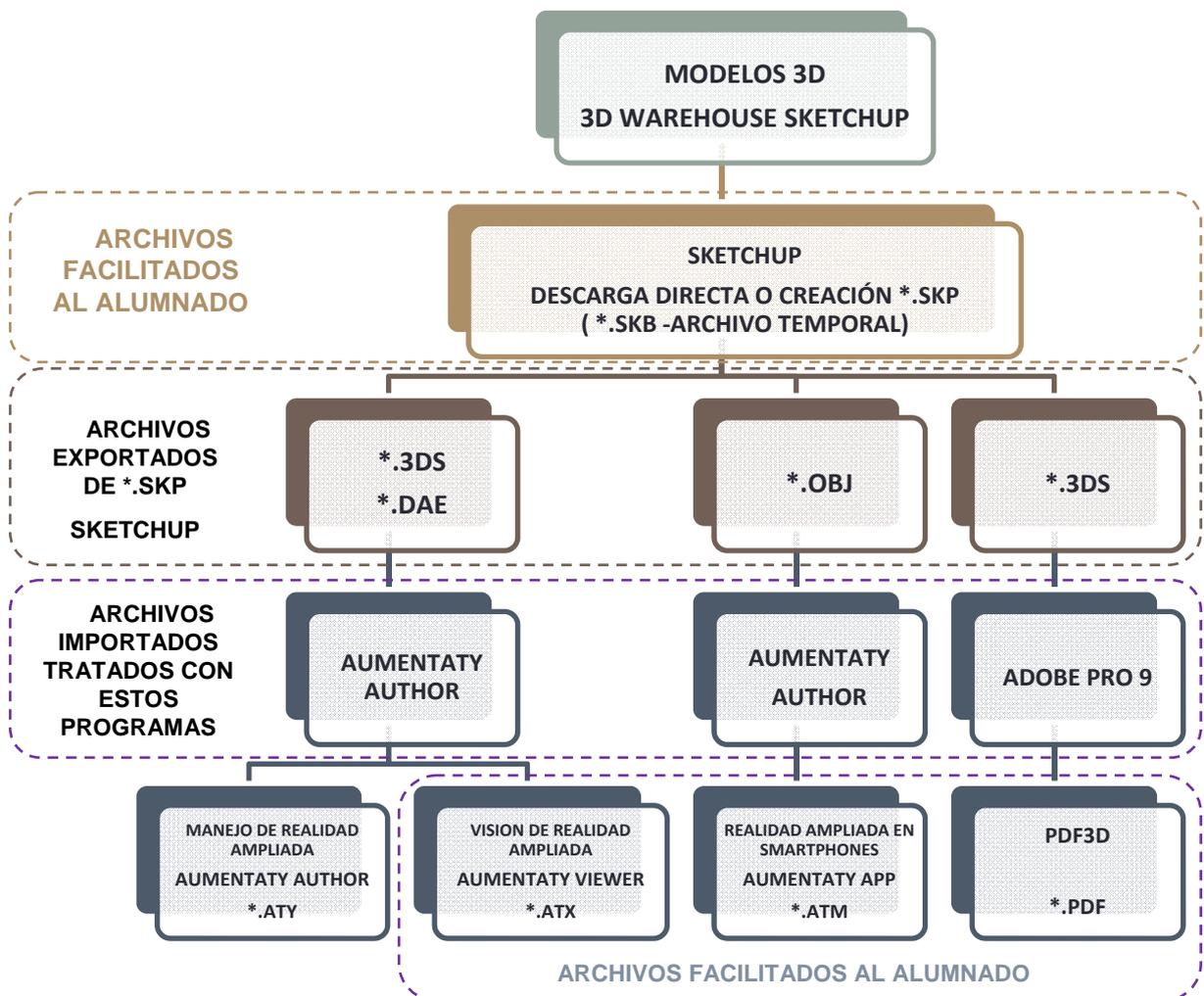


Fig. 72 Preparación y obtención de los modelos digitales

Así, para la preparación de los modelos 3D no se encontraron grandes problemas, pero hay que mencionar que es necesario un control en cuanto al manejo de programas de diseño gráfico y del intercambio de formato entre los distintos programas de uso, ya que

posteriormente han de realizarse las exportaciones e importaciones de dichos archivos a los distintos programas de creación de modelos 3D en las diversas tecnologías de visualización, Fig. 72, puesto que no hay transformación directa entre programas.

Para la realización de los modelos tridimensionales (3D) se importan al programa SketchUp Pro [23], planos digitales realizados con Autodesk CAD®, (*.dwg) [299] que normalmente están en dos dimensiones, o se digitalizan planos en papel en este último programa.

Posteriormente, se trabajan dichos archivos de una forma tridimensional con el programa SketchUp, obteniendo finalmente archivos (*.SKP), los cuales han sido exportados a archivos 3DS, (*.3Ds), archivos OBJ (*.obj) y archivos collada, (*.dae), para poder obtener más tarde los modelos finales de trabajo. La exportación se realiza en función de lo que finalmente se desee obtener.

3.4.1. Modelos PDF3D

Los modelos PDF 3D, (*.PDF), se crean con el programa Adobe Acrobat 9 pro extended [24], a partir de los archivos 3DS, (*.3Ds), que están listos para usar por el alumnado tras ser descargados de una plataforma virtual y pueden ser visualizados con el mismo programa. El manejo es sencillo y sólo requiere una pequeña explicación previa para mover el elemento utilizando el ratón del ordenador o la interfaz del mismo, Anexo 3. Los archivos no son modificables en cuanto a formas, pero si en cuanto apariencia.

3.4.2. Modelos en Realidad Aumentada fija

Los estándares de RA se obtienen con el programa Aumentaty® [102], Aumentaty® Author, a partir de los archivos collada (*.dae) o de los mismos archivos 3DS, (*.3Ds), mencionados anteriormente, sin embargo, con éstos últimos hemos observado peores resultados finales con problemas en las texturas de los archivos presentados.

Más tarde se asignan las muestras 3D importadas a unos marcadores con unas formas preestablecidas por el programa y al guardarlo se obtiene un archivo, (*.aty), que es modificable por el creador de los modelos, en este caso el profesor, en posteriores ocasiones si se considera pertinente.

Cuando el emisor de los archivos considere que todo está correcto, finalizará exportando dicha información en un archivo, (*.atx) y colgándola en la plataforma.

Este archivo es el que será utilizado finalmente por el receptor de la información, alumno, con una cámara web y con un PC en el que esté instalado el programa Aumentaty® Viewer. Los modelos 3D en Realidad Aumentada visualizados de esta forma es posible que sean visualizados, aunque no modificados. Su uso es sencillo e intuitivo.

3.4.3. Modelos en Realidad Aumentada móvil

En el caso de Realidad Aumentada móvil los modelos de RA también se elaboran con el programa Aumentaty® [102], Aumentaty® Author, pero en este caso para que funcione en la app Aumentaty® Viewer, es necesario que se exporte como archivo OBJ, (*.obj), que genera además del dicho archivo, otro *.mtl.

El paso siguiente es la establecer la correspondencia a los marcadores predeterminados por la aplicación e, igual que en el caso anterior, puede guardarse como archivo, (*.aty), para modificarlo más tarde o exportarse a Viewer para móviles, véase Fig. 73, como

archivo, (*.atm) y se comparte a través de una plataforma virtual o correo electrónico,... véase Fig. 74, se recomienda ficheros menores de 12-15 MB y 65.000 polígonos.

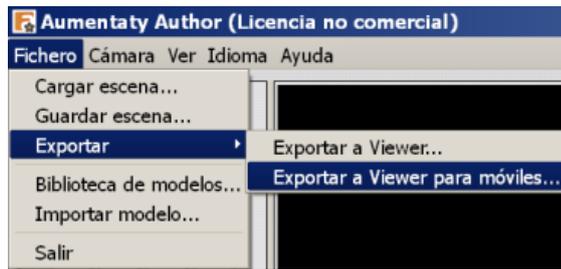


Fig. 73 Exportación en Aumentaty© Author a Viewer para móviles

El receptor de este archivo podrá, con un móvil con la app de Aumentaty© Viewer descargada, visualizarlo con tan sólo pulsarlo. En algunos móviles Android© éste último paso no es tan directo ya que el móvil no reconoce el archivo directamente, y se necesita de un programa administrador de archivos, como ES File Explorer o Total Comander, localizable en Google Play/Apple Store, con el que localizar archivo descargado en el directorio del móvil, que tendrá extensión *.bin, pulsarlo unos segundos y el programa nos dará varias opciones para hacer con él.



Fig. 74 Elemento compartido



Fig. 75 Elemento descargado

Se le da a la opción renombrar y se le cambia la extensión a *.atm. Automáticamente el icono que representa el archivo, cambia al de Aumentaty© Viewer, Fig. 75. Se vuelve a pulsar de nuevo y se elige la opción abrir. El programa preguntará con que programa se desea abrir y se elige la opción con Aumentaty© viewer. En ese momento se abre la app correspondiente, se carga el archivo, Fig. 76, se activa la cámara, Fig. 77, y cuando se enfoca el marcador y vemos el elemento creado, véase Fig. 78 y Fig. 79. No se puede modificar.

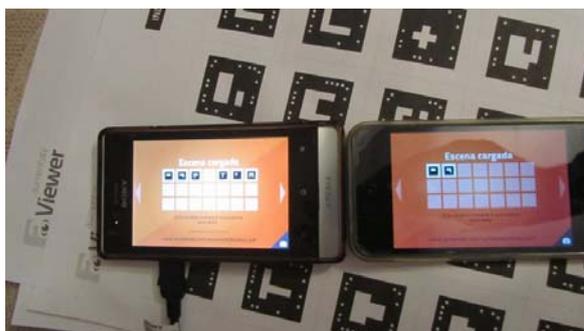


Fig. 76 App Aumentaty© Viewer. Android/iOS



Fig. 77 Comienzo Aumentaty© Viewer

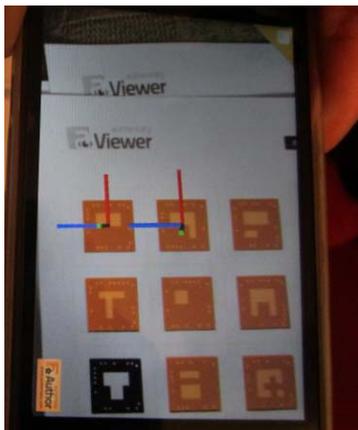


Fig. 78 Marcadores por defecto, Android

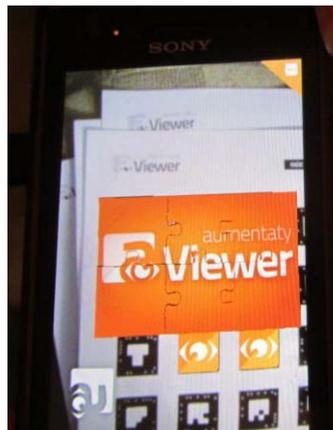


Fig. 79 Marcadores por defecto, iOS

3.5. Diferencias entre los modelos 3D utilizados

Como se ha comentado para la visualización de los modelos 3D se van a utilizar distintos tipos de archivos con distintos programas informáticos, SketchUp, PDF3D o RA, de escritorio o móvil. Para los dos primeros, sólo es necesario tener el programa y el archivo para ver el modelo, sin embargo, para la RA es necesario los marcadores y una cámara, con el reparto de elementos que conlleva, que puede ralentizar la clase. Se va a proceder a realizar una comparativa de los mismos. Quedan resumidos los puntos principales en la Tabla 7.

Respecto de los archivos *.SKP comentar que son modificables, permiten movimientos infinitos en todas las direcciones, visiones ortogonales directa y visión axonométrica directa, con proyección ortogonal y cilíndrica y cónica, cortes y secciones en todas las direcciones posibles y que su manejo se realiza mediante el ratón.

Respecto de los archivos *.PDF 3D se debe reseñar que no son modificables, permite movimiento infinito en todas las direcciones, permite ver vistas ortogonales directas, aunque sólo admite cortes y secciones en determinadas direcciones correspondiente a los ejes principales o con indicaciones, pero siendo más lento que el anterior. Su manejo también es mediante el ratón.

Los archivos de RA no son modificables, siendo su movimiento controlado por la mano del usuario, pero dicha mano ocupada. Además sólo se muestran los modelos 3D cuando los marcadores son perceptibles por la cámara, lo cual coarta la libertad de movimiento del alumno y, por otro lado, entrafía que dichos marcadores no pueden ser ocultados ni siquiera parcialmente, por ejemplo, por algún dedo de la mano del alumno o por otros objetos. Una posible opción es dejar el marcador quieto y mover la cámara, o mantener ambos elementos estáticos puntualmente.

Permite gran cantidad de vistas, pero no todas puesto que cuando el marcador queda muy lateralizado respecto de la cámara este no es captado adecuadamente por la aplicación llegando a desaparecer, ya que la percepción por la cámara del marcador también se ve restringido por la orientación relativa entre ambos elementos. El reconocimiento será más deficiente cuanto mayor grado de inclinación presente el marcador respecto de la cámara.

No permite vistas ortogonales directas del objeto y todas las proyecciones observadas son cónicas, pero si se observan buenos resultados en la vista en planta que es la más utilizada en la representación de terrenos, aunque ésta no es cilíndrica ortogonal. También se observa un mínimo retardo de tiempo que no afecta a la visión.

Respecto del manejo de los modelos en sí, se observan diferencias debido a las propias tecnologías y sus posibilidades de uso.

Todos son similares respecto a zoom y giros, con pequeñas diferencias entre los mismos. Siendo quizás, la Realidad Aumentada el más llamativo porque impacta ver en pantalla las dos realidades, virtual y real, al mismo tiempo.

El tamaño de los mismos se controla con el zoom. Tanto en SketchUp como en PDF3D no existe ningún tipo de limitaciones. Es similar al de cualquier programa gráfico. En los modelos de RA, la variación de tamaño está relacionada con la distancia que separa el marcador de la cámara. A este respecto hay que indicar que existen unas determinadas distancias a partir de las cuales se produce un reconocimiento deficiente del marcador, sin embargo, por un lado hay que decir que la interacción con el dispositivo siempre implica la cercanía al mismo, que junto con una escala correcta del objeto hace que este factor quede minimizado.

Por otro lado, el tamaño de los modelos observados depende también del tamaño de la marca, puesto que marcas más grandes permiten ver modelos mayores y a más distancia, sin embargo mermaría la ergonomía del sistema, por lo que, fijado el tamaño de la marca en función del tamaño de una mano estándar, el modelo a visualizar tienen que ser calibrado anteriormente por el profesor para la obtención de un tamaño final adecuado del modelo 3D a manejar.

Por otro lado, los elementos de Realidad Aumentada proyectados en pantalla poseen un movimiento efecto espejo al manejarlos pero al ser intuitivo es fácilmente asimilable. Aunque si podemos observar parpadeos de dichos modelos en la pantalla del ordenador, propios del temblar del pulso en una mano, y la desaparición de dichos modelos al mover los marcadores rápidamente. Ambos efectos se pueden minimizar moviendo los modelos algo más despacio o apoyándolos en algo fijo.

Además, hay que comentar que no se ha detectado ninguna diferencia en la percepción del sistema de RA en cuanto a los distintos materiales de los marcadores usados.

Por otro lado, aunque permite las distintas vistas, es más lento que los modelos de SketchUp y los PDF3D, que tienen botones directos para la obtención de las mismas.

Respecto de los perfiles y secciones de los modelos, en SketchUp es directo y muy versátil, pudiendo admitir que se permiten todas las posibilidades posibles. Los PDF3D, quedan más limitados pero aun así permiten las principales como son perpendiculares a los ejes de proyección. Y respecto de la RA, como no permite modificaciones, cortes o secciones, es necesario obtener un modelo con un corte o sección dado, preparar previamente el modelo con la sección en SketchUp y exportarlo posteriormente a RA, por lo que hay que hacer tantos modelos como perfiles se quieran mostrar en pantalla. Respecto de la visibilidad ortogonal al perfil en estudio, es similar a lo descrito anteriormente.

En cuanto a las condiciones de iluminación, se quiere reseñar que en interior se requieren condiciones de iluminación normales. Pero si se quiere proyectar con el cañón

de luz, éste requerirá la clase a oscuras y la RA necesitará que se deba auxiliar de una pequeña lámpara cerca de la cámara para que ésta capte correctamente al marcador. En cuanto a este respecto hay que indicar que los marcadores utilizados en RA han de ser de superficie mate para evitar reflejos o puntos brillantes.

Finalmente comentar que salvo los archivos PDF3D, el resto de ellos permiten guardar varios modelos a visualizar en un solo archivo, quedando la capacidad de los mismos limitada por la capacidad permitida en la plataforma o el potencial de manejarlos de los dispositivos disponibles, como es el caso de la RA móvil.

En cuanto al **costo**, todas las aplicaciones son gratuitas. La verdadera inversión para poder generalizar la utilización propuesta es la gran cantidad de tiempo para poder diseñar elementos 3D específicos que amplíen los contenidos de los ejercicios 2D existentes. En este caso, el tiempo empleado en las tres opciones es la misma, una vez dominado el paso de archivos de unas aplicaciones a otras, que en algunos casos es algo problemática debido a las incompatibilidades entre los distintos protocolos de exportación de archivos.

Tabla 7 Comparativa entre los distintos archivos facilitados

	SKP	PDF3D	RA
CÁMARA / MARCADOR	NO	NO	SI
TECNOLOGÍA MÓVIL	NO	NO	SI
MODIFICABLE	SI	NO	NO
MOVIMIENTOS EN TODAS DIRECCIONES	SI	SI	NO
PERPECTIVAS	SI	SI	SI
VISTAS ORTOGONALES DIRECTAS	SI	SI	NO
PERSPECTIVA AXONOMETRICA DIRECTA	SI	SI	NO
PROYECCIÓN CILÍNDRICA/CÓNICA	SI	NO	NO
ZOOM	SI	SI	SI
CONTROL TAMAÑO	RATÓN	RATÓN	DISTANCIA CÁMARA MARCADOR
GIROS	SI	SI	SI
EFECTOS	-	-	PARPADEO POR PULSO EFECTO ESPEJO
PERFILES	DIRECTOS RÁPIDOS	LENTOS SÓLO PRINCIPALES	IMPLICA DISTINTOS ARCHIVOS
VISUALIZACIÓN	FONDO MODIFICABLE	FONDO MODIFICABLE	VIRTUAL SOBRE REALIDAD
VARIOS MODELOS POR ARCHIVO	SI	NO	SI

3.5.1. Estética general de los modelos

Respecto de la **forma final de los modelos** en sí, se puede manipular su presentación estética variando los colores, los fondos, el trazado de líneas,... elementos que pueden variar la capacidad de percepción de los mismos por parte de los alumnos.

Su **diseño** ha sido un gran elemento de trabajo, el proceso a llevar a cabo es largo y requiere mucho tiempo de dedicación. El tiempo de duración es un factor que depende de

la pericia del profesor, manejo de la tecnología e información que se desee transmitir. Además este tiempo aumenta debido a tener que realizar uno por uno cada uno de los modelos de los ejercicios a desarrollar.

Otro elemento a tratar es la **relación de colores entre pieza/fondo**, es decir el color de los modelos respecto de los fondos donde se presentan, puesto que puede restar comprensión al mismo al provocar mucho o poco contraste entre ambos elementos. En los modelos en SketchUp, se puede modificar a su antojo tanto las figuras como el fondo, incluso instantáneamente con comandos específicos para ello. En los modelos de PDF3D, fijados el color de la figura, se puede modificar el fondo dándole distintos colores permitiendo distintas percepciones del mismo. En RA, puede procurarse poner un elemento de la realidad de color liso para que éste no condicione su comprensión. De todas maneras este condicionante se puede minimizar en algunos de los modelos afectados, diseñando los modelos con elementos que lo limiten en el trasdós del mismo.

Respecto de la **líneas de nivel**. Se piensa que los modelos 3D ganan en capacidad de transmisión didáctica, cuando las mismas quedan reflejadas en el modelo 3D, mostrando así su total correspondencia con los dibujos en dos dimensiones. Sin embargo, dependiendo de las transformaciones que se produzcan a nivel informático en la importación y exportación de archivos, éstas a veces se pierden o quedan algo difusas en los modelos finales, tanto en PDF3D, como en RA, no así en SketchUp ya que éstos últimos son los dibujos origen de los que se parte desde la proyección en 2D obtenidas previamente de Autocad.

Por otro lado, para conseguir la visualización de los **elementos simples en Realidad Aumentada** se ha realizado lo siguiente:

- En el caso de **puntos y rectas** lo que ocurre es que debido a su simplicidad, no son apreciables en los modelos 3D en Realidad Aumentada al no tener un volumen considerable, por lo que para su distinción es necesario que se les dé volumen, por lo que se optó por asimilarlos a una pequeña esfera, en el caso de los puntos; y convertir en un cilindro de poco radio y muy largo a las rectas.
- El problema principal en el caso de los **planos** es que al dibujar los mismos en el programa de 3D, se considera a dichos planos como con dos caras con propiedades diferentes: una de delante y otra de detrás, el reverso. En la posterior transformación en los programas de Realidad Aumentada se puede ver la cara delantera de los mismos pero no la cara trasera que desaparece en la Realidad Aumentada, efecto visual que se ha intentado minimizar en los modelos diseñados dándole más protagonismo a la cara del plano donde se producía la solución de la práctica planteada.

Estos problemas que se plantean en los modelos de Realidad Aumentada se acentúan cuando el modelo a observar está en Realidad Aumentada móvil:

- La primera razón es debido al tamaño de la pantalla, es decir, se intensifica el problema cuando más pequeña sea la pantalla donde se observen los elementos. O sea, se ven peor en un teléfono móvil que en una tablet.
- La segunda causa es debido a la exigencia por parte del programa de usar el formato *.obj, de exportación para crear los objetos en Realidad Aumentada móvil, lo que conlleva más problemas con la asociación de texturas que con los archivos *.collada o *.3Ds, utilizados en la Realidad Aumentada fija con los cuales no ocurre.

Esto crea problemas con las texturas de los objetos creados, como por ejemplo:

- A veces las texturas aparecen negras, lo cual es indicativo de que o está la cara del revés del modelo, o que el tamaño del modelo de partida era muy grande y al disminuir el mismo el programa ha tenido problemas por asignar las mismas.
- Otras veces parpadean, porque las caras del objeto creado tiene dos caras en lugar de una con igual o diferente textura.
- Otras veces se congela el objeto al visualizarlo en el dispositivo móvil.
- A veces da problemas una textura de color y no una de foto y viceversa.
- Otras cualquier cambio de textura, o cambio en la geometría, por pequeño que sea, provoca cambios en el modelo final obtenido con la Realidad Aumentada móvil.

Lo cual hace que podamos, como conclusión, que estos objetos tridimensionales de Realidad Aumentada móvil obtenidos a partir de objetos usando el formato *.obj, son más sensibles que los obtenidos en Realidad Aumentada fija con los archivos *.collada o *.3Ds, puesto que es más impredecible en sus resultados, ya que provoca muchos problemas a nivel de texturas y geometría de las piezas, lo que sugiere que es un campo por investigar y por lo que podía crearse una posible línea de investigación.

Finalmente, se quiere comentar lo tedioso y largo del proceso, ya que para poder comprobar los resultados obtenidos es necesario elaborarlos en el programa de modelado y exportarlos, importarlos con el programa de creación de Realidad Aumentada, escalarlos y prepararlos para después tener que colgarlo en la plataforma virtual. Una vez allí se descargan en el móvil, se abren y se observa el resultado que en muchas ocasiones es erróneo. Lo cual hace que se tenga que repetir el lento y largo proceso.

3.6. Agrupamientos y espacios

Para poder llevar a cabo la experiencia se necesita tener disponible un aula de informática tipo, donde el profesor desde su ordenador con cámara y cañón de vídeo realice las explicaciones y los alumnos desde sus ordenadores visualicen sus modelos, Fig. 80.



Fig. 80 Usando la RA móvil en clase



Fig. 81 Usando los modelos 3D con RA en clase

También es cierto que gracias a los rápidos y nuevos avances experimentados, se pueden realizar estas prácticas casi en cualquier lugar, con el uso de smartphones o tablets y aplicaciones específicas gratuitas. (Hoy en día, en muchos casos, estos dispositivos están disponibles por los alumnos).

En nuestro caso, están situados un alumno por PC con cámara y algunos de ellos disponen de smartphone, y complementan la visión del PC de mesa con la de su dispositivo móvil, como en la Fig. 81.

Por otro lado hay que indicar que la mayoría de alumnos manifiestan tener portátil o PC de mesa con cámara en casa así como conexión a internet, lo cual hace posible el uso de estos dispositivos en sus hogares para repasar la tarea o acabar los ejercicios usando las tecnologías propuestas. A aquellos que han manifestado no disponer de web cam, se les han facilitado una portátil que podían usar por las tardes.

3.7. Formación con tecnologías 3D

El manejo de todas las tecnologías usadas es muy sencillo e intuitivo y no requieren de grandes explicaciones, aunque de todos los casos es conveniente realizar un pequeño curso o unas ligeras explicaciones de cómo usar las tecnologías de estudio. Ya que la introducción de nuevas tecnologías en clase lleva aparejado un periodo de adaptación a la misma, donde la manejo y agilidad de las aplicaciones se verá algo mermada hasta acostumbrarse a las nuevas interfaces propuestas.

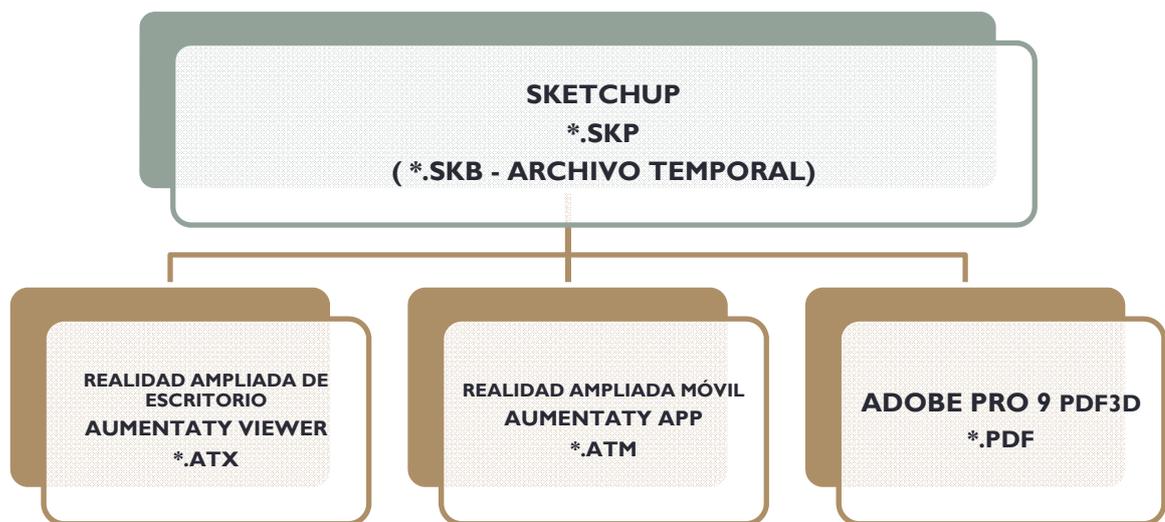


Fig. 82 Archivos facilitados a los alumnos por la plataforma

De todas maneras, como son fáciles de usar, sólo requiere un conocimiento de las herramientas de visualización y la soltura demostrada por el alumnado en los medios informáticos hace que la incorporación de las mismas no sea traumática ni ocupe mucho tiempo para tratar los temas pertenecientes al currículo. Aunque si necesita de una planificación y coordinación previa para minimizar su impacto.

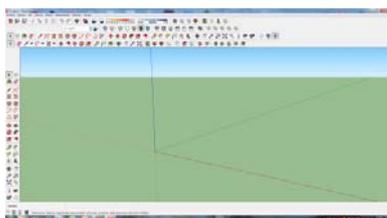


Fig. 83 Interfaz SketchUp

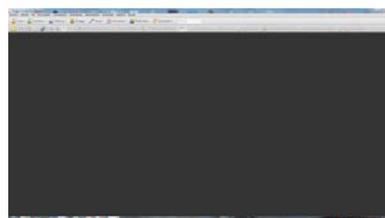


Fig. 84 Interfaz Adobe pro 9



Fig. 85 Interfaz Aumentaty viewer

Los alumnos necesitarán los apuntes, los archivos correspondientes a cada una de las tecnologías facilitados por moodle o pendrive, Fig. 82: *.SKP, Fig. 83, *.PDF, Fig. 84, *.atx o *.atm, Fig. 85. En el caso de usar RA necesitarán los marcadores y si es de escritorio necesitarán las cámaras, requiriendo de los dispositivos móviles, (tablets o smartphone), si lo que utilizan es RA móvil.

Hay que reseñar que existe libertad en cuanto al tipo de modelo consultado por el alumno, es decir, pueden usar los modelos SketchUp, en PDF3D o en Realidad Aumentada. Pero es muy importante que distingan cada uno de ellos con las extensiones de los archivos e iconos que aparecen al lado de cada uno de ellos. Las guías de manejo se encuentran en los Anexos del 1 al 6 junto con los marcadores utilizados en Realidad Aumentada.

3.8. Incorporación de los modelos 3D a clase

A la hora de utilizar los modelos 3D en clase, se requiere previamente algo más de planificación que una clase sin su existencia. Es necesario para llevar a cabo estas clases:

- la preparación previa de los modelos
- la reserva del aula de informática,
- la colocación de cámaras en los ordenadores,
- el **reparto de modelos digitales y de marcadores** entre los alumnos de forma previa en función de la tecnología a usar. Este proceso se simplifica si sólo se usan modelos digitales vistos a través de programas de ordenador como SketchUp o PDF3D. Pero si se está trabajando con RA estos marcadores han de ser descargados e impresión en folios y colocarlos posteriormente tras alguna cartulina o tapa rígida ya que la deformación del papel influye en que sea captado deficientemente por la cámara del dispositivo, lo cual provoca que el modelo tridimensional no se visualice correctamente, provocando el parpadeo de la imagen del mismo en la pantalla del dispositivo.
- Por otra parte se **necesita de la corresponsabilidad** de los alumnos en el proceso de enseñanza aprendizaje, éstos tienen que ser responsables de la herramienta de uso, bajado e instalado de programas y aplicaciones, recolección de apuntes y archivos de modelos de la plataforma, así como en el reparto y recogida de material, elemento este último que requiere bastante tiempo y control.

3.8.1. Explicación magistral

Se optimizan los recursos habituales en la docencia expositiva:



Fig. 86 Modelo 3D en RA con móvil y en PC



Fig. 87 Terreno real en RA

Por un lado, se puede visualizar mucha información compleja, Fig. 86 y Fig. 87 al estar los modelos preparados, **acelerando la exposición de la materia de la unidad a impartir**. Esto no lo permiten los medios de exposición clásicos, por tener que dedicar mucho tiempo para desarrollar este tipo de información ocupando el tiempo de clase, pero, por el contrario, en el caso del uso de los modelos, hay que tener toda esta información realizada y preparada para poder usar previa a la explicación en clase.

Por otro, los modelos preparados permiten mayor interactividad, presentan una gran **maneabilidad y flexibilidad**; pudiéndose colocar rápidamente en la posición deseada o modificarla a antojo del portador del modelo. Gracias a la flexibilidad de los modelos 3D se pueden explorar de manera que no es posible con figuras físicas y con una rapidez, imposible de alcanzar, cuando se utiliza lápiz y papel. Así se pueden aplicar zoom, giros en todas direcciones, interactuando directamente con ellos. Además, los SKP y los PDF3D permiten ver vistas directas instantáneamente y realizar perfiles viendo los mismos de una manera ortogonal al corte elegido. Esto no puede hacerse con las proyecciones de transparencias clásicas, puesto que no se dispone de un medio para poder realizar dichas modificaciones fácilmente y en poco tiempo.

El alumno puede realizar las mismas maniobras, o similares, con sus modelos delante de su ordenador o dispositivo, al mismo tiempo que el profesor está manipulando esos modelos siendo proyectados con el cañón en clase, Fig. 88. En lugar de estar pasivamente viendo pasar los modelos delante de sus ojos, ofreciendo una retroalimentación inmediata. Es un buen punto de apoyo que mantiene la atención de los alumnos y aclara conceptos, sobre todo en casos de alumnos con discapacidad auditiva.



Fig. 88 Vistas con modelos 3D en clase

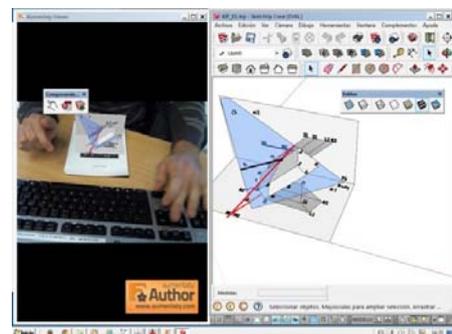


Fig. 89 RA en PC y SketchUp

Hay que mencionar que no se encontraron grandes problemas a los que se dieron fáciles soluciones:

Al utilizar el profesor varios modelos a la vez, a veces el espacio proyectado **en pantalla es pequeño**. Es necesario un orden y selección de los modelos a usar, eligiendo los más adecuados para cada explicación en función del contenido a transmitir, Fig. 89.

Para visualizar los elementos de RA la cámara tiene que detectar con claridad los marcadores de forma completa. Al estar proyectando en clase con la luz apagada y estar el profesor en la zona donde es necesario mayor oscuridad por estar cerca el proyector, es necesario algún elemento de **luz** directa dirigido al marcador cercano a posición desde donde esté el profesor y que no afecte a la pantalla de proyección para que no haya problemas a la hora de detectar el marcador por parte de la cámara del ordenador, ni se merme en calidad de proyección. En el caso de los alumnos no hay problemas porque la luz ambiente que entra por las ventanas es suficiente.

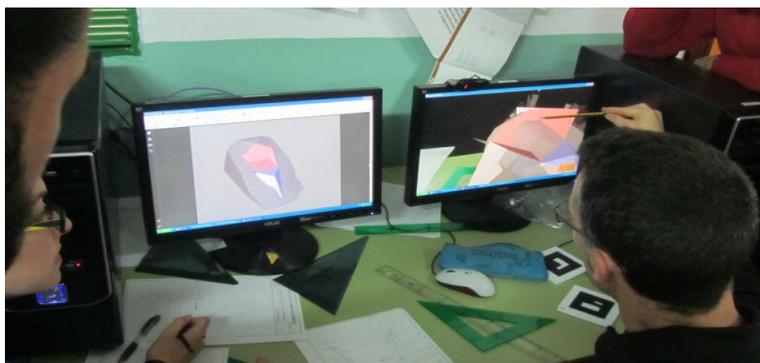


Fig. 90 Explicación en clase con RA y PDF 3D



Fig. 91 Ejercicio perspectiva

Los modelos en RA, necesita que una de las manos del profesor esté ocupada para mantener dicho elemento dentro de la pantalla, con lo cual limita los movimientos y posibles explicaciones de este. Se puede modificar el enfoque y visión de la cámara de tal manera que el modelo se quede fijo, por ejemplo, encima de la mesa y así las dos manos están libres, Fig. 90 y Fig. 91.

Las clase donde se han proyectado los elementos son clases con grupos pequeños, hasta 35 alumnos cada uno con su ordenador. Cada alumno tiene un punto de vista diferente de la pantalla de proyección, sin embargo, al tener cada uno de ellos la posibilidad de manipular los modelos en su propia pantalla o dispositivo, se minimiza el condicionante de falta de visión durante las explicaciones debido a las distintas posiciones de los alumnos en clase respecto de la pantalla de proyección que provoca distintos puntos de vista de la misma. Puede ser que en clases grandes se pierda visibilidad del sistema pero queda compensado como en el caso anterior, con los modelos personales que cada uno de los alumnos tienen a su disposición.

Respecto de la proyección es similar a la de los cañones, no necesitando ninguna calibración especial ni del mismo, ni de la pantalla, de hecho puede proyectarse sobre una pared blanca lisa sin problemas ni modificaciones en la percepción final, presentando más realismo que las descripciones escritas, las realizadas a mano alzada y que las representaciones en 2D dadas.

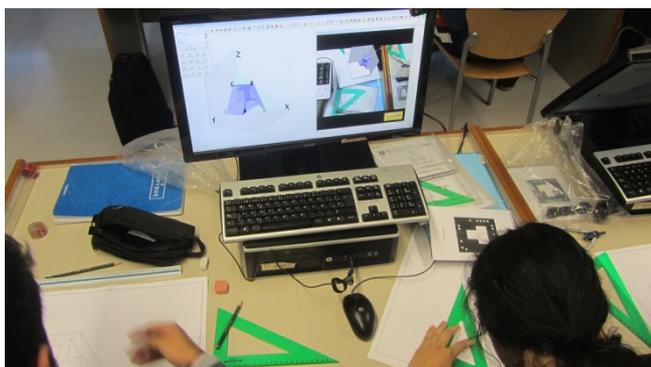


Fig. 92 Trabajo con perspectiva en clase



Fig. 93 RA en PC en actividades

Finalmente se puede concluir que se observa una optimización de los recursos, acelerando la exposición de la materia de la unidad a impartir, permitiendo una mayor interactividad, manejabilidad y flexibilidad, Fig. 92, presentando más realismo que las descripciones escritas, Fig. 93, las representaciones en 2D dadas y las realizadas a mano alzada. Se observan algunas limitaciones en cuanto al área de visualización en pantalla

cuyo espacio es limitado para proyectar varios modelos simultáneamente, la ocupación de las dos manos del ponente durante el manejo del modelo, las condiciones de iluminación de detección de los marcadores de Realidad Aumentada y la posible influencia del tamaño del aula y la disposición de los puestos en la misma, para la visualización correcta de los modelos. La sensación tanto del profesorado como del alumnado ha sido muy positiva, puesto que se ha conseguido una mayor interacción en la dinámica de las clases expositivas.

3.8.2. Ejercicios de los alumnos

Los alumnos, en este caso, han de realizar unos ejercicios bidimensionales con el apoyo de los modelos 3D facilitados.

Estos modelos son fáciles de usar, con lo que toda persona puede acceder a ellos y manipularlos sin ningún impedimento. No se observó que ninguno de los estudiantes necesitase mucho tiempo de práctica para acostumbrarse al manejo de los modelos facilitados. Todo su manejo es bastante intuitivo, teniendo directa confirmación visual de uso instantáneamente. Incluso los alumnos con discapacidad auditiva seguían estos patrones.

Proporcionan explicaciones completas y precisas. Mientras que los alumnos realizaban sus ejercicios, el profesor estaba disponible para la resolución de dudas surgidas en la realización de la tarea. Se han observado una disminución en el número de solicitudes de ayudas por parte de los alumnos hacia los profesores, sirviendo los modelos 3D de elementos aclaratorios de dichas dudas para la percepción de los ejercicios y, por tanto, en la resolución de los mismos.

Los alumnos trabajaron con los modelos 3D. Esto permite una cercanía física que facilita una interacción muy directa. Los alumnos se mostraron interesados en el manejo de los modelos 3D, puesto que les facilitaba la comprensión de la tarea pedida, ya que facilitan la conexión entre la realidad mostrada y la representación bidimensional de dicha realidad, estableciendo vínculos entre lo real y su simbología, Fig. 94 y Fig. 95, lo que le da significado a dicha simbología, es decir, se relaciona dinámicamente esta simbología, con su forma en el espacio y con los procesos numéricos realizados, conectando así la visualización espacial tridimensional con su representación en planta.

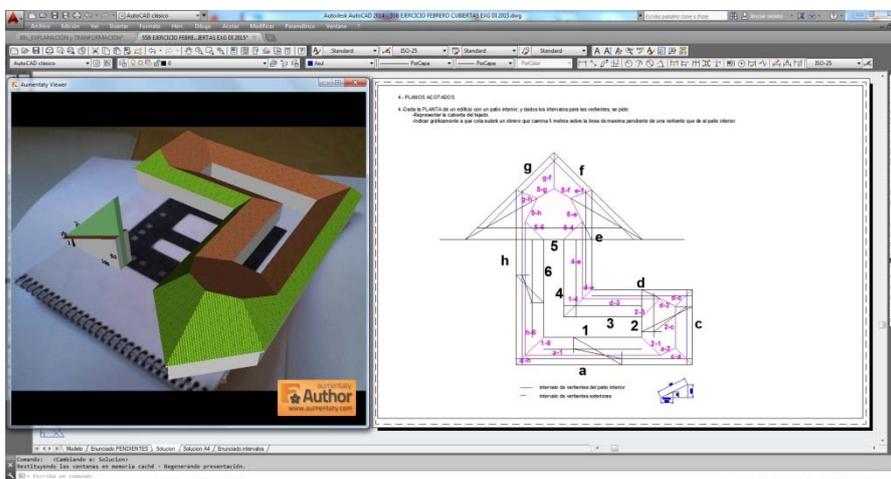


Fig. 94 Cubierta RA y solución en Autocad

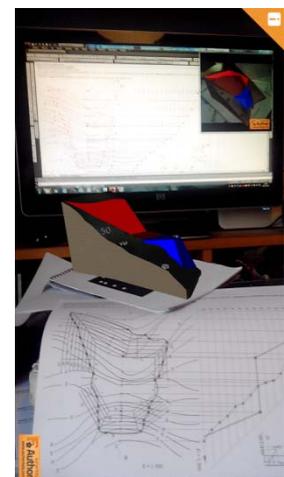


Fig. 95 Terrenos

Se adecuan al ritmo de trabajo de los usuarios, atendiendo a sus diferencias individuales en el proceso de aprendizaje, ya que los estudiantes pueden razonar mientras manipulan los modelos y realizan los ejercicios o escuchan las explicaciones del profesor. Se le permite la detección de la visualización en el momento deseado y durante todo el tiempo que se requiera para pensar sobre el mismo; pudiéndose además repetirse dicha visualización si se desea nuevamente.

Permiten comprobar los ejercicios y diseños realizados, pudiendo evaluarlos y así facilitar la toma de decisiones en cuanto al rediseño de soluciones dadas. Los modelos 3D se entienden así como un elemento base patrón para resolución de los ejercicios de una forma participativa. Una vez resuelto los ejercicios por parte de los alumnos, la interacción con los mismos permite comparar la resolución del ejercicio con el modelo facilitado, lo que permite la autocorrección del mismo. Una vez terminadas la realización de las tareas por parte de todo el alumnado, el profesor expone las soluciones facilitadas por los alumnos al problema junto con los modelos 3D y plantea un debate con los alumnos, quienes de forma participativa, corrigen el ejercicio. El profesor se convierte en el moderador del mismo.

Pueden ser usados en casa por los alumnos para la realización de tareas o para repasar los ejercicios realizados puesto que los modelos facilitados pueden recuperarse a voluntad, permitiendo además, trabajar con ellos una y otra vez.

De una manera general, se puede afirmar que los modelos 3D sirven como recurso didáctico para orientar la visualización y entendimiento de los alumnos, fomentando así la participación activa de los mismos en la realización de las tareas.

3.9. Modificaciones de los programas de uso

El proyecto se ha llevado a cabo desde el curso 2012-2013 y se ha repetido los cursos sucesivos hasta el curso 2015-2016, sin embargo, y debido a las mejoras que se han producido a lo largo de estos este tiempo en esta tecnología se ha ido incorporando y actualizando la misma a lo largo de este tiempo.

Los cambios más significativos han sido debidos a la actualización en la versión de Aumentaty© y la aparición de la aplicación la Aumentaty© app.

Este cambio de versión ha supuesto una mayor estabilización del programa y una menor cantidad de fallos en el mismo, sin embargo, ha requerido el cambio en los marcadores fiduciales, que en la nueva versión disponían de unos huecos blancos en el interior del dibujo mientras que la forma general del mismo no variaba, véase Fig. 96.

Esto ha supuesto que no se puedan hacer esos marcadores utilizando goma EVA y hayan tenido que ser realizados en papel fotocopiado sustentado sobre cartulina dura, Fig. 96.

Aunque esto implicaba la posibilidad de mayor versatilidad de dichos marcadores para poder utilizar, por ejemplo, la tecnología aumentada móvil, suponía, por otro parte, la no posibilidad de utilizar los marcadores antiguos con todos los archivos visualizados con la nueva versión. El principal problema era la pérdida de texturas en los modelos. Esto ha conllevado el tener que realizar de nuevo la exportación de archivos en la nueva versión aunque ya estuvieran hechos, para que todos los marcadores y programas utilizados correspondan a la misma y última versión comercial facilitada.

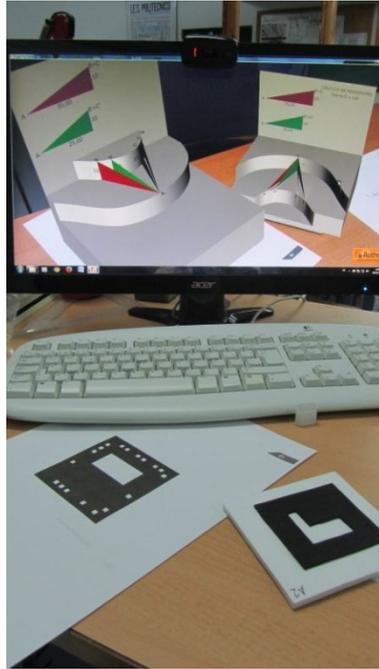


Fig. 96 Evolución de los marcadores por cambio de versión

Finalmente, las nuevas posibilidades que planteaba el programa junto con la modernización y disponibilidad de smartphones más potentes, versátiles y con pantallas mayores por parte de nuestros alumnos, han provocado la incorporación al proyecto de la Realidad Aumentada móvil con la Aumentaty© app en el caso de estudio nº2.

CAPÍTULO 4
CASO DE ESTUDIO Nº1

4. Caso de Estudio nº1

4.1. Introducción

En este apartado se expone la experiencia de implantación de los modelos virtuales 3D, (SKP, RAF y PDF3D), que se ha llevado a cabo en formación profesional en la asignatura de Replanteos de construcción de primer curso del Ciclo Formativo de Grado Superior en Proyectos de Edificación.

4.2. Contexto de aplicación del estudio

El proyecto se enmarca dentro de la formación profesional en la familia profesional de Edificación y obra civil.

En septiembre de 2012 comienza a impartirse un nuevo título denominado Técnico Superior en Proyectos de Edificación, RD 690/2010, para la obtención del mismo se ha de cursar una asignatura de primer curso que se denomina Replanteos de construcción, la cual contiene entre otros contenidos curriculares el manejo y empleo de las líneas de nivel en movimientos de tierras para desarrollar proyectos de edificación. Es en este ámbito donde se desarrollará el estudio propuesto, que consiste en evaluar la inclusión en clase de los modelos 3D, calibrando el impacto de esos dispositivos como un medio de transmisión de conocimientos.

La asignatura en cuestión es anual obligatoria. Tiene 7 créditos ECTS, 128 horas lectivas, 4 horas semanales. Se ha realizado un estudio piloto durante el curso 2012-13 e implantando el mismo durante los cursos 2013-14 y 2014-15, en un curso por la mañana el Instituto Politécnico Jesús Marín de Málaga, España.

El experimento se engloba dentro del Proyecto Pol+AR, (Politécnico y Realidad Aumentada), que pertenece a otro proyecto superior denominado Gutemberg3D, con el que se pretende fomentar la aplicación de la RA en el proceso de enseñanza aprendizaje de la representación gráfica de elementos de ingeniería y arquitectura.

4.3. Problemática observada

La asignatura de estudio, Replanteos de construcción, procede de otra anterior, denominada Proyecto de obra civil, que se cursaba en el título anterior denominado Técnico Superior en Desarrollo y Aplicación del Proyectos de Construcción, RD 2208/1993.

Ya en esta última materia se observó la dificultad que tenía los estudiantes para la comprensión y el manejo de las líneas de nivel cuando realizaban ejercicios gráficos de movimientos de tierra, es por ello, por lo que se pensó que sería interesante la introducción en clase de elementos que ayudarán a los alumnos a realizar este tipo de problemas, y se decidió la utilización de los modelos tridimensionales en clase usando distintas tecnologías.

Esta propuesta educativa se enmarca dentro de un contexto experimental que tiene como objetivo la integración de formas 3D para presentar los contenidos en los procesos de enseñanza aprendizaje, a través del uso de diferentes herramientas, donde se intenta

conseguir una mejora en el desarrollo de la capacidad espacial del alumnado, con una forma de enfocar el proceso de enseñanza aprendizaje despertando la motivación y el interés del alumnado teniendo en cuenta sus ritmos de aprendizaje y habilidad previa. Véase Fig. 97 y Fig. 98.



Fig. 97 Uso de modelos 3D de RA en clase



Fig. 98 Uso de modelos PDF3D en clase

En este proyecto de investigación, los modelos 3D son concebidos como herramientas de aprendizaje intuitivas e interactivas para mejorar la velocidad y el grado de adquisición de conocimientos de los estudiantes.

Se ha usado para la comprensión de la proyección de los planos acotados en la representación gráfica de elementos topográficos con sus aplicaciones, como el manejo de las líneas de nivel para el desarrollo de proyectos de urbanización, comprensión de la normativa urbanística y movimientos de tierras, entre otras [302].

En los estudios relacionados en el apartado 2.4, se han visto una relación no exhaustiva de aplicaciones de los modelos 3D en distintos ámbitos del aprendizaje. No se han encontrado estudios que los apliquen al desarrollo gráfico del trabajo con las curvas de nivel, tanto para entender su concepto, trabajar con las mismas y posteriormente sean aplicadas para el desarrollo de proyectos realizados por los mismos alumnos donde quede patente el control en su manejo.

4.4. Objetivos y preguntas de investigación

Los **objetivos** propuestos son:

- Observar si los modelos 3D modifican la percepción del desarrollo de la capacidad de visualización espacial.
- Medir la modificación de los resultados de aprendizaje gracias a los modelos tridimensionales.
- Observar cuales son los elementos a destacar de la experiencia, tanto positiva como negativamente.
- Ponderar la usabilidad de los modelos 3D y su comparativa con los métodos tradicionales.
- Comparar las distintas herramientas de visualización elegidas y determinar si existe una que sobresalga respecto de las demás.

Las preguntas de investigación se reformulan a partir de los objetivos anteriores, Tabla 8:

Tabla 8 Preguntas de investigación en FP

QN	Preguntas de investigación
Q0	¿Es el perfil académico de los alumnos adecuado a la tarea propuesta?
Q1	¿Se modifica la percepción de la capacidad de visualización espacial como consecuencia del uso de modelos 3D en el proceso de enseñanza aprendizaje?
Q2	¿Se produce una mejoría en los resultados de aprendizaje, achacable al manejo en la tarea de los modelos tridimensionales?
Q3	¿Cuáles son, según el alumnado, los puntos fuertes y débiles de la incorporación de los modelos 3D a la instrucción?
Q4	¿Cuál es la valoración cuantitativa realizada por el alumnado sobre los modelos 3D y su comparativa con los métodos tradicionales?
Q5	¿Cuál es la acogida de los modelos virtuales 3D por parte de los alumnos de FP? ¿Prefieren los alumnos del GG alguna herramienta de visualización específica?

4.5. Metodología

4.5.1. Diseño del experimento

Desde la puesta en práctica de esta experiencia, se constata que la incorporación de los modelos 3D no supone ningún cambio de modelo instruccional. Así, independientemente del modelo utilizado, los modelos 3D son una herramienta para facilitar la incorporación activa del alumno en el proceso de aprendizaje, siendo compatible tanto con los modelos instruccionales clásicos de enseñanza como con los más innovadores, como el modelo instruccional por competencias.

Se han usado los modelos 3D como apoyo tanto en la clase expositiva, como en el desarrollo de problemas en clase, como en el trabajo por proyectos.



Fig. 99 Fases del modelo teórico de valoración de la adquisición de conocimiento

El modelo teórico de la evaluación de la adquisición de conocimientos seguido en este estudio ha sido el desarrollado por Nunes [303], que ha sido usado como una forma de

verificar cómo y hasta qué punto el entorno de aprendizaje virtual en 3D contribuye a facilitar el proceso de adquisición de conocimientos de los estudiantes.

Las distintas fases de la puesta en marcha de la misma tienen como finalidad la incorporación de dichos modelos en la práctica docente.

Nueve fases dan forma al proceso experimental, véase Fig. 99:

1) **Delimitación del experimento** - en esta etapa, se definió la delimitación de espacios, material y aplicaciones necesarias, temas, materias y los estudiantes objeto de estudio y, por otra parte, las tecnologías utilizadas para crear y visualizar modelos en 3D: (RA, SKP, PDF3D) que complementan a los apuntes facilitados, las tareas diseñadas, las explicaciones dadas por el profesor usando, las transparencias, los croquis en la pizarra o las maquetas físicas.

2) **Perfil de prueba** - Caracterización del perfil de los estudiantes - Se llevó a cabo varios estudios para definir los datos demográficos, observar el perfil tecnológico del usuario, así como las apreciaciones personales acerca de sus conocimientos en Matemáticas, topografía gráfica y posicionamiento frente a las nuevas tecnologías a usar.

3) **Prueba de Evaluación Inicial** - Se evaluó el nivel inicial de conocimiento de las curvas de nivel de los alumnos. Los resultados obtenidos en estas pruebas serán comparados con los obtenidos en pruebas similares de dificultad equivalente realizadas al final del proceso de enseñanza para comparar los valores obtenidos en ambas.

4) **Preparación de modelos y ejercicios en 3D** - en esta fase, se han creado actividades y modelos 3D asociados que complementaban los temas, actividades y ejercicios que se iban a desarrollar en relación a las líneas de nivel, para conseguir desarrollar las competencias deseadas. Así los modelos realizados se han centrado en actividades para conseguir mejorar la eficacia en la transmisión del conocimiento y, por otro, para fomentar la participación activa, buscando mayor participación y autonomía de los alumnos. Respecto de la preparación del material, se siguen directrices marcadas en [304].

5) **Formación en tecnologías 3D** - Antes del proceso de aprendizaje, los estudiantes recibieron las instrucciones necesarias para manejar, sin ningún problema, los modelos 3D usando las nuevas tecnologías y los nuevos programas.

Por otro lado, días antes de la realización de dichos ejercicios, el alumno pudo obtener a través de Moodle, dispositivos pen drive o Google Drive, en el formato correspondiente, los modelos 3D de uso así como una guía en el que se indicaban los ejercicios a realizar y los aspectos teóricos y procedimentales de los ejercicios, así como los marcadores fiduciales.

6) **El proceso de aprendizaje con modelos 3D** - Los modelos 3D, se han usado de varias formas: en la clase expositiva, con ejercicios cortos o en la realización de un proyecto a lo largo del curso. En todos los casos los alumnos pudieron manipular la información en su ordenador o en su dispositivo móvil, simultáneamente y según sus necesidades. Todo se pudo acompañar de ayudas en la pizarra y/o mediante diapositivas en Power Point. Además se desarrolló el proceso de aprendizaje con los diferentes tipos de modelos 3D, aunque a veces los estudiantes sólo usaron la representación 2D al hacer ejercicios con el fin de comparar la diferencia de las experiencias. Fig. 100 y Fig. 101.

7) **Encuestas sobre la opinión personal de los estudiantes** - En esta fase final, se aplicaron una serie de cuestionarios de retroalimentación con el fin de recoger valores

sobre la satisfacción de los estudiantes y sobre la calidad de los modelos 3D, así como la usabilidad de los mismos con objeto de observar las preferencias más destacadas.

8) **Examen de Evaluación Final** - se completó un cuestionario para evaluar el grado de adquisición de contenidos y manejo de las curvas de nivel.

9) **Comparativa de resultados** - Se han ordenado y tratado estadísticamente los datos obtenidos, realizando el análisis de los mismos, para la final reflexión y desarrollo de las conclusiones finales.

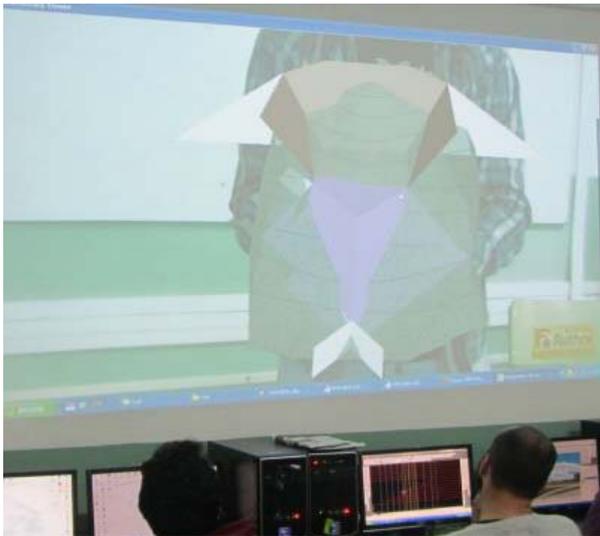


Fig. 100 Movimiento de tierras, proyección en RA

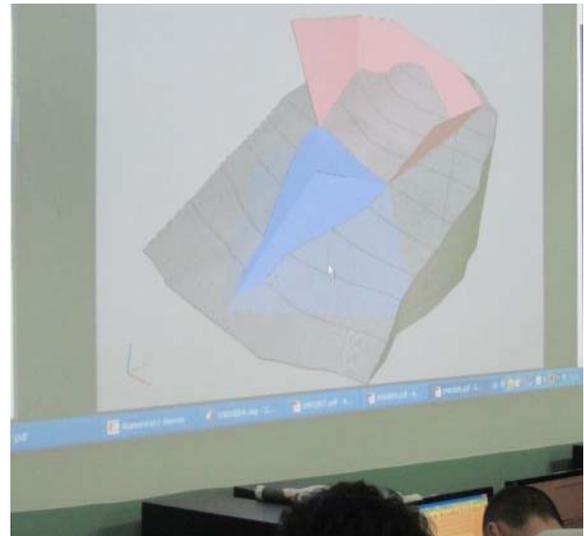


Fig. 101 Movimiento de tierras en PDF3D

4.5.2. Participantes

Todos los estudiantes que formaban parte del grupo cada curso lectivo, ha participado en el experimento.

Se han analizado los grupos de alumnos de los tres cursos en estudio, G1 (curso 2012-13), G2 (2013-14) y G3 (2014-15), observando que no existían diferencias significativas entre los mismos por lo que, a la hora de generalizar los datos se han tratado como si se tratase de un único grupo, GG.

Se ha informado a todos alumnos, que son mayores de edad, del propósito del estudio. Además, se obtuvo de todos ellos el consentimiento informado.

La asistencia a clase es obligatoria, debiendo asistir al menos al 75% de las clases para poder optar a la evaluación continua de la materia impartida.

4.5.3. Procedimiento de actuación

Se ha diseñado un test para que los estudiantes lo realicen a principio de curso para definir su perfil tecnológico y académico previo a la experiencia.

Además, para tener un conocimiento del nivel inicial que poseen acerca de la interpretación y manejo de las curvas de nivel, el alumnado contesta un cuestionario con el fin de caracterizarlos en este sentido y que sirva de comparación con otro realizado al final del estudio para observar los cambios experimentados por los mismos.

Más tarde se ha llevado a cabo el desarrollo del curso, comenzando por la explicación de contenidos básicos de Expresión Gráfica y Matemáticas que sirva de regularizar niveles dentro del grupo. Con la evolución del curso se van exponiendo los distintos temas desarrollado en el curriculum. Los temas que versan sobre el control de las líneas de nivel se encuentran intercalados entre otras unidades del curso, y son para los que se han utilizado los modelos tridimensionales comentados.

Varios cuestionarios de recogida de información final sobre la idoneidad de los modelos 3D utilizados han sido completados post proceso:

- Test Bipolar-Laddering, para el análisis cualitativo de los aspectos positivos y negativos el uso modelos 3D a nivel docente.
- Test para el análisis cuantitativo de la Usabilidad de los modelos 3D según la norma ISO.
- Test de evaluación de los modelos 3D en general y una valoración de las herramientas de visualización elegidas en particular.

En todo el proceso la plataforma Moodle del centro ha sido la vía de comunicación entre profesor y alumnos, tanto para la realización anónima de los cuestionarios comentados, descarga de archivos como apuntes, modelos, guías de uso, ejercicios y subida de ejercicios acabados para corregir.

Finalmente se ha procedido a la recogida de datos para su posterior tratamiento estadístico con el programa SPSS.

4.5.4. Temporalización y Temas tratados

El desarrollo de la materia se articula principalmente en dos fases, en una primera lo que se pretende es que el alumnado tenga un conocimiento y un manejo simple de las líneas de nivel y en una segunda se complica el manejo de las mismas hasta desarrollar el movimiento de tierras de un plan parcial.

La primera de las fases se desarrolla en el primer trimestre y la segunda en el tercer trimestre, para que dé tiempo al afianzamiento de los temas básico tratados, Tabla 9. Entre medias se han tratado los temas que no tienen la misma finalidad propiamente dicha dentro de la asignatura a impartir. Por otro lado, en otras materias los alumnos aprenden y practican con los programas de CAD y con los de visualización tridimensional, lo que facilita su familiarización con los mismos.

Hay que mencionar que el desarrollo de los mismos va de menor a mayor complicación, procurando ir introduciéndolo en clase a medida que van siendo adquiridos y comprendidos, realizando una introducción de todos los contenidos de una manera de espiral, procurando que los contenidos se vayan asentando y acoplando a otros anteriores, siendo intercalados con el resto de los diversos temas del curriculum que posee la asignatura, y que algunos están relacionados con la topografía y otros con la edificación, que van siendo también introducidos en materia en función de los conocimientos que van impartándose en otras asignaturas correspondientes al curso.

Como puede observarse, en la secuencia de unidades se pretende el dominio de las líneas de nivel a lo largo del curso mientras se va realizando el desarrollo del proyecto de un Plan Parcial de Urbanización [305]. Para la presentación final del trabajo el alumno puede presentar los proyectos en 3D de manera opcional utilizando las tecnologías de estudio. Anexo 19.

Tabla 9 Unidades tratadas

UNIDADES DIDÁCTICAS	DURACIÓN
<i>FASE CONOCIMIENTO Y MANEJO DE LA LÍNEAS DE NIVEL</i>	
	1^{er} TRIMESTRE
Planos acotados	4 horas
Líneas de nivel	4 horas
Uso de las líneas de nivel	4 horas
<i>FASE DESARROLLO DE UN PLAN PARCIAL</i>	
	3^{er} TRIMESTRE
Topográfico actual	2 horas
Diseño del vial	4 horas
Replanteo de curvas	4 horas
Zonificación	4 horas
Perfil longitudinal. Guitarra	8 horas
Perfiles transversales. Perfiles en planta	2 horas
Perfiles transversales. Cubicación	2 horas
Topográfico modificado definitivo	8 horas

4.5.5. Procedimiento en clase

Tres son las maneras fundamentales de utilizar los modelos 3D en estos procesos de aprendizaje: para la clase expositiva, para el manejo de los mismos durante la realización de los ejercicios cortos por parte de los alumnos y para el desarrollo de un proyecto de urbanización.

- **En la clase expositiva**, el profesor utiliza indistintamente las tres tecnologías en clase para explicar la tarea, junto con las representaciones 2D de referencia. Todos estos elementos son proyectados a través del cañón de clase para poder interactuar con la proyección y para poder enfatizar aspectos concretos que se deseen resaltar.

Mientras, el alumnado, para seguir la clase desde sus ordenadores, sigue la explicación con sus modelos y apuntes, pudiendo ver la relación existente entre las dos representaciones de dos y tres dimensiones.

- **En la clase práctica**, los alumnos han de realizar los ejercicios gráficos en dos dimensiones, utilizando los modelos 3D facilitados. Cada uno los realiza desde su puesto de trabajo, siguiendo las indicaciones dadas, con supervisión por parte del profesor.

Para ello, se les facilitaba a los alumnos los elementos necesarios para la visualización de dichos modelos 3D en función de la tecnología elegida, PDF3D, RA o SKP. También se les daba la representación gráfica, en papel o en digital, del ejercicio que tenían que desarrollar en dos dimensiones quedando, por tanto, patente a la hora de enfrentarse con el problema la conexión entre la representación tridimensional del ejercicio representado bidimensionalmente. Fig. 102 y Fig. 103.

- **En el trabajo por proyectos.** Los modelos tridimensionales acompañan también a los alumnos en la realización del proyecto de desarrollo del plan parcial propuesto. El alumno puede visualizarlo en todo momento tridimensionalmente, sirviendo como guía para realizar el trabajo y contrastar los resultados que va obteniendo.

Así, los alumnos van desarrollando sus proyectos durante el curso y tras la explicación de los diversos pasos para usar el programa de creación de modelado y de RA, no sólo en la asignatura en cuestión, sino en otras de índole gráfico similar, finalmente muestran sus proyectos tridimensionalmente y difunden su contenido.

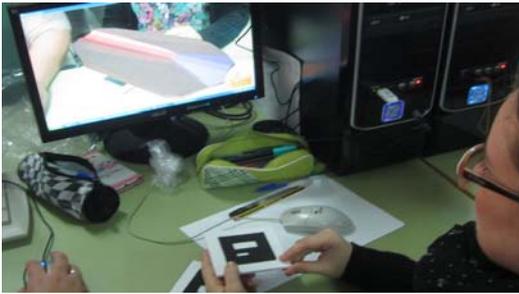


Fig. 102 Uso de RA por alumno con terrenos

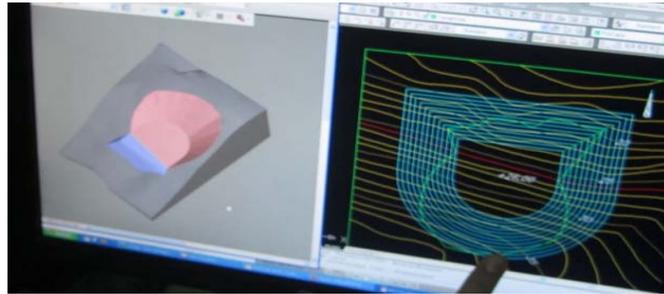


Fig. 103 Terreno, PDF3D junto con Autocad

El aprender a modelar 3D y RA, les ha resultado relativamente sencillo y tienen en todo momento el asesoramiento de los profesores de las asignaturas implicadas. Anexo 21.

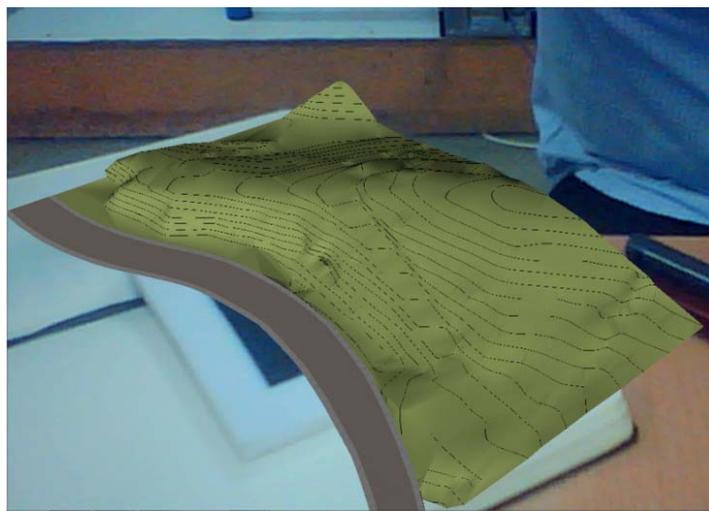
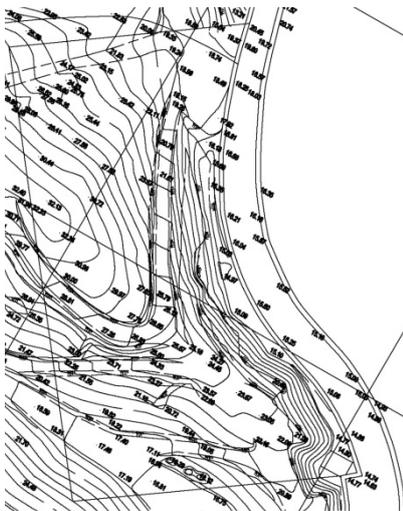


Fig. 104 Parcela a tratar en 3D. Topográfico actual

Esta es la actividad que va a demostrar el dominio de los alumnos en el uso de las líneas de nivel y de las tecnologías de la información en sí. Los alumnos a partir del plano facilitado denominado topográfico actual, (antes de la obra), y en 2D, con programas de CAD, realizarán el proyecto de reparcelación de la zona de estudio, obteniendo los planos del mismo, comenzando por el diseño del vial.

Como el proceso es secuencial y con el fin de evitar trabajar con datos erróneos, una supervisión de cálculos y de planos será realizada por el profesor, previa al siguiente plano del proceso.

Además, existe la opción final de modelado y visualización del proyecto en tres dimensiones en las diversas tecnologías observadas durante el curso. Se logrará de esta

manera una mejor visualización del diseño final que puede usarse con fines comerciales. Una muestra del mismo puede observarse en la Fig. 104.

4.5.6. Recursos materiales

Se ha facilitado a los alumnos los “apuntes aumentados”. En los mismos, aparecen junto a las explicaciones escritas, las representaciones gráficas de los terrenos de una forma gráfica bidimensional, plana, utilizando las líneas de nivel y desarrollando los distintos conocimientos del currículum. Las mismas están relacionadas con los modelos 3D. Así estos apuntes pueden ser más útiles que los apuntes tradicionales para comprender la representación gráfica del terreno mediante líneas de nivel, conseguir realizar imágenes mentales de las mismas y controlar el manejo de las mismas para realizar el proyecto de urbanización al final de curso.

Por otro lado, existen modelos 3D también para realizar ejercicios de clase que pueden ser ejecutados, bien utilizando lápiz y papel a mano, o utilizando programas de CAD. Al principio de curso predominan los utilizados a mano puesto que los alumnos no tienen el dominio suficiente sobre los programas de CAD. Sin embargo, y a medida que el curso avanza y que tienen consolidado el uso de este programa, que es impartido por otra asignatura durante el curso, se realizan los ejercicios con el manejo del mismo para afianzar dicha capacidad en el campo específico del uso de las líneas de nivel.

Todas las ilustraciones de la parte teórica y de los ejercicios poseen, por un lado un marcador que indica cómo pueden verse utilizando la RA, además tienen una numeración que coincide con la numeración de los archivos facilitados por plataforma virtual Moodle [300] o pen drive, de tal manera que cada alumno puede localizar fácilmente el modelo tridimensional que corresponde a cada representación plana bidimensional utilizando las líneas de nivel para representarlos.

Una vez que el alumno localiza la numeración que desea ver de forma tridimensional consulta el archivo pertinente en la tecnología que desea. (Si es con RA, pone el marcador frente a la pantalla y este aparecerá en la misma).

Por lo tanto, el alumnado está rodeado de la información provista de diferentes formas, tanto en las explicaciones de clase, como en los ejercicios o en la realización del proyecto anual, véase Fig. 105 y Tabla 10. Son: dibujos en dos dimensiones mostrados en los apuntes o en la pizarra y las explicaciones del profesor, sin olvidar nuestra intención de realizar un apoyo al aprendizaje (“scaffolding”) [306], con modelos tridimensionales, ya sea usando la tecnología de RA con el ordenador de mesa, con el móvil, programas informáticos como SketchUp o PDF3D, o maquetas físicas realizadas en madera, cartón-pluma o con plástico habiendo sido impresos con la impresora 3D desde archivos, *.stl.

Este “aumento de información” faculta al alumnado a verificar su imagen mental al consultar los apuntes con representaciones planas y, por otro lado, comprobar la correcta realización de sus ejercicios, sirviendo de guía en la realización de los mismos. Así se tutoriza al alumno se aclaran conceptos explicados y disminuyen las dudas surgidas.

En total, en un primer momento el profesor es la persona que crea e incorpora el modelo 3D como recurso educativo, así ha modelado unos 60 modelos. Además, finalmente, es el estudiante el que muestra sus modelos creados en su proyecto final realizado durante el periodo educativo.

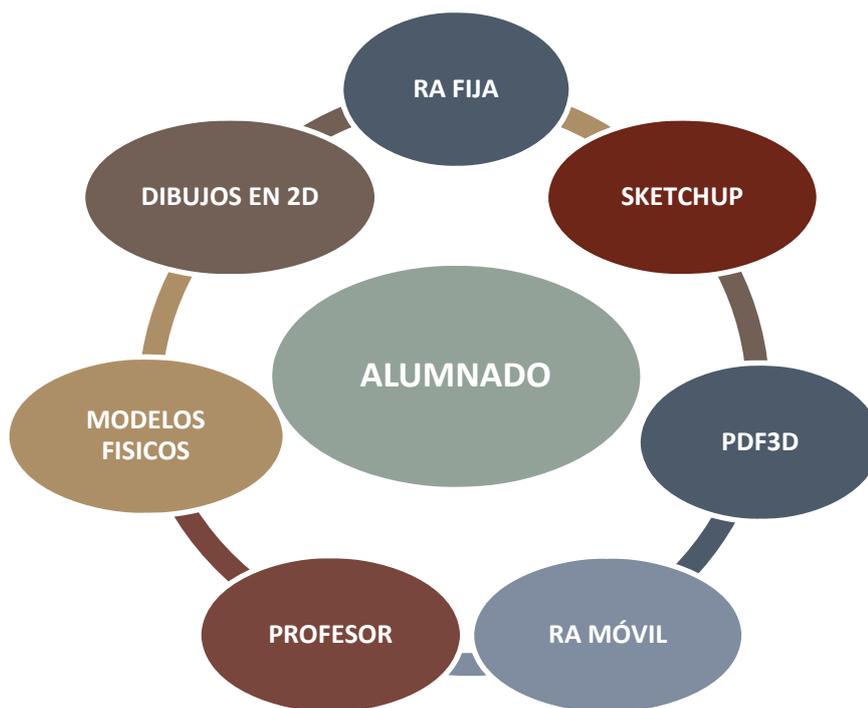


Fig. 105 Comunicación con los alumnos

4.5.7. Instrumentos de medida

Respecto de los instrumentos de investigación se han centrado en el colectivo más directamente implicado en el manejo de los modelos 3D: el alumnado. Con ello, es el alumno el que realiza la evaluación del sistema, utilizando como medio de comunicación con el mismo la plataforma Moodle del centro que permite llevar a cabo todo este tipo de recogida de información, y el profesor el que interpreta la información obtenida.

Tabla 10 Pruebas realizadas en la investigación en FP

T	PRUEBA	TIPO	MEDIO	GG	FIN	PRUEBA ESTADÍSTICA	QN
ANTES	TEST	LIKERT	MOODLE	GG	Perfil académico: Dibujo/Matemáticas	χ^2 / T-STUDENT	Q0
	TEST	LIKERT	MOODLE	GG	Perfil tecnológico (Uso TICs)		Q0
	TEST	NIVELA	MOODLE	GG	Pre-test Nivel de conocimiento de las líneas de nivel	WILCOXON	Q2
DESARROLLO DE LAS CLASES							
DESPUÉS	PREGUNTA	SI/NO	MOODLE	GG	Percepción de la modificación de la capacidad de visualización espacial	DESCRIPCIÓN	Q1
	TEST	NIVELB	MOODLE	GG	Post-test Nivel de conocimiento de las líneas de nivel	WILCOXON	Q2
	TEST	ABIERTO	MOODLE	GG	Valoración cualitativa prácticas BLA BIPOLAR LADDERING	MÉTODO CUALITATIVO	Q3
	TEST	LIKERT	MOODLE	GG	Valoración cuantitativa prácticas ISO 9241-210	DESCRIPCIÓN	Q4
	TEST	LIKERT	MOODLE	GG	Valoración uso de los modelos 3D General y particular de las herramientas de visualización	DESCRIPCIÓN KRUSKAL-WALLIS	Q5

Por otro lado, teniendo en cuenta los datos que se debían obtener para el estudio, el instrumento elegido ha sido el cuestionario.

Se pretende principalmente hacer un análisis descriptivo del sistema observando la influencia en los alumnos, desde el punto de vista de las apreciaciones de la modificación

de la capacidad de visualización espacial, y la adquisición de contenidos relativos a las líneas de nivel. Además observar los puntos más fuertes y más débiles de este enfoque gracias a la información facilitada por los alumnos siguiendo el método Bipolar Laddering (BLA) [307], y el método de la Usabilidad según la normativa ISO; así como la satisfacción final mostrada por el alumnado respecto de los modelos 3D de forma general y las predilecciones por alguna de las herramientas de visualización en particular, Un resumen de las pruebas realizadas puede observarse en la Tabla 10.

Q0. Perfil académico y tecnológico de los alumnos

Con la finalidad de conocer y definir el perfil inicial de los participantes de la prueba, y de forma similar a otros estudios consultados [206] [308] [309] [196]; se ha realizado un cuestionario dividido en varios bloques con la finalidad de averiguar cuáles son sus datos demográficos medios, su manejo con las TIC (perfil tecnológico), su perfil académico y profesional previo, (conocimientos básicos de Matemáticas y dibujo, conocimiento y manejo previo de las curvas de nivel en Topografía) y conocimiento de las tecnologías a usar.

El cuestionario que consta de 28 preguntas puede consultarse en el Anexo 7. Está dividido en 8 bloques: datos estadísticos demográficos, las nuevas tecnologías que usan, uso que le dan al PC/portátil y sus aplicaciones, consumo que realizan sobre los móviles, utilización que realizan de internet, redes sociales y otras herramientas similares, conocimiento sobre realidad ampliada y apreciaciones personales que tienen sobre el dominio previo de las habilidades referidas a la Expresión Gráfica y a las Matemáticas.

El tipo de pregunta responde a la naturaleza de la cuestión preguntada, por lo que existen cuestiones con ítems simples y compuestos.

Q1. Capacidad de visualización espacial

La pregunta referente a la percepción personal de la variación de capacidad de visualización espacial gracias a los modelos 3D, tiene un fin únicamente descriptivo y su posibilidad de respuesta es simple, contestando simplemente afirmativa o negativamente a la pregunta formulada.

Q2. Pruebas de nivel previa y final

Estas dos pruebas han sido muy similares. Se han realizado una previa y otra post experimento. Han consistido en 60 preguntas multirespuesta sencillas sobre la comprensión gráfica y manejo de las líneas de nivel: reconocimiento del relieve, cálculos matemáticos derivados, perfiles y movimientos de tierra. Finalmente se han analizado los resultados para observar si ha habido una modificación en la captación de contenidos referentes al dominio de las mismas por la prueba de Wilcoxon. Anexo 8 y Anexo 9.

Q3. Valoración cualitativa de los modelos 3D utilizados

Para observar las ventajas e inconvenientes a resaltar del sistema se ha aplicado el método Bipolar Laddering, BLA, [307] [288] [310], donde las contestaciones de los alumnos han sido más abiertas. Se han expuesto al menos tres puntos positivos que sobresalen del mismo, así como tres negativos. También se han puntuado y explicado. Anexo 10. Aquellos aspectos más repetidos son los que caracterizan al sistema aplicado, definiendo lo más reseñable positiva y negativamente.

Q4. Valoración cuantitativa de los modelos 3D usados.

Se ha pretendido la valoración de la experiencia por sus usuarios, es decir, los alumnos, en cuanto a la usabilidad, basándose en la normativa ISO 9241-210 y ISO/IEC 25000, que entiende que está formada por tres componentes: la eficacia, la eficiencia y la satisfacción que produce el uso de los mismos.

Se ha planificado un total de 13 preguntas *ad hoc*. Lo ideal sería utilizar cuestionarios validados psicométricamente, pero en este caso, no es sencillo encontrar encuestas validadas, adecuadas para ser aplicadas a prácticas específicas, basadas en RA. Esta es la razón por la que se han diseñado las preguntas a aplicar partiendo de otros trabajos examinados [311] [312] [313] [314]. También se han estudiado otros informes equivalentes [315] [316] [317] [318] en relación a parámetros de usabilidad similares. Se ha decidido, finalmente, que el valor medio de las tres componentes, es el media de las contestaciones del alumnado a las preguntas formuladas, al igual que Bevan [295] lo argumentó en su estudio para el caso de la eficacia. Anexo 11.

Otras preguntas han sido realizadas para la comparación entre las valoraciones y predilecciones mostradas por el alumnado entre los métodos tradicionales aplicados y los modelos 3D.

Q5. Valoración cuantitativa de los modelos 3D en general. Predilección por una herramienta de visualización en particular

Se ha diseñado un cuestionario *ad hoc*, Anexo 12, para la valoración la aceptación de los modelos 3D en general y para la predilección por cada una de las herramientas de visualización elegidas (SKP, PDF3D y RA), se ha realizado las encuestas para la valoración de las tres tecnologías objeto de la presente investigación, con objeto de compararlas entre ellas, y saber las preferencias de los estudiantes.

El primer bloque del mismo en la valoración de la experiencia a nivel general se pueden observar similares encuestas [200] [186] [319] [181] y en las comparativas entre varias tecnologías de uso en [191] [320] [189] [183].

4.6. Resultados

Este caso de estudio nº1 se trata de un estudio temporal de la implantación de las herramientas de visualización espacial en Expresión Gráfica y debe considerarse como un estudio previos del caso de estudio nº2, expuesto en el apartado 0, donde se comparan los valores entre dos grupos, uno de control y otro experimental.

La experiencia se ha realizado durante los cursos 2012-15, con todos los alumnos matriculados en el curso: curso 2012-2013 G1 con 13 alumnos; curso 2013-14 G2 con 16 alumnos y curso 2014-15 G3 con 25 alumnos. El curso 12-13 con G1 fue un curso introductorio de las herramientas de visualización y para poder definir el perfil del alumnado del ciclo. Con los otros dos grupos, curso 13-14 G2 y curso 14-15 G3, se ha desarrollado todo el análisis previo de estas tecnologías antes de realizar el estudio comparativo en la universidad, caso nº2, Capítulo 0.

El gran grupo, GG, de estudio de investigación lo forman 54 alumnos, suma de G1+G2+G3, todos ellos cursan primero de Formación Profesional, Ciclo Formativo de Grado Superior de Proyectos de Edificación, Tabla 11.

Tabla 11 Datos de los participantes de los grupos

CICLO FORMATIVO DE GRADO SUPERIOR	GRUPO	SUBGRUPO	CURSO	NÚMERO	TOTAL
Proyectos de Edificación	GG	G1	2012-13	13	54
		G2	2013-14	16	
		G3	2014-15	25	

El análisis de los datos se ha tratado con el programa Excel de MS y SPSS de IBM, ($p < 0,05$).

4.7. Resultados previos

Q0. ¿Son similares los grupos de estudio G1, G2 y G3 respecto de su perfil académico y tecnológico, para poder tratar los datos comúnmente en el GG?

Los grupos G1, G2 y G3 planteados son los correspondientes a los alumnos matriculados a lo largo de los cursos que dura este estudio.

En este punto se les pregunta a los alumnos por sus antecedentes académicos y laborales. Haciendo hincapié en detectar su manejo con las TICs, y su apreciación en cuanto a su nivel académico respecto de Matemáticas y Expresión Gráfica, y más en particular a su habilidad en la comprensión y en el manejo de las líneas de nivel en topografía, tema principal de este estudio.

El cuestionario ha sido contestado por todos los estudiantes que forman el conjunto de estudio, sin haberse encontrado diferencias significativas entre los mismos.

Hay que señalar, que los datos revelan que en el curso se matriculan una gran diversidad de alumnos, siendo las tres cuartas partes de los mismos hombres y el resto mujeres. Además con una gran diversidad de edades, aunque el grueso de alumnado se encuentra entre 21-25 años, (50,0%, aproximadamente).

Esta diversidad de edades se refleja también en la diversidad de procedencias: (74,1%) de las distintas modalidades de bachillerato, predominando el bachillerato científico tecnológico casi en la mitad de los alumnos, y el resto vienen tras superar la prueba de acceso (25,9%). Sin embargo, en muchos de los casos, el ingreso en el ciclo formativo no ha sido el itinerario directo tras haber cursado la enseñanza secundaria y el bachillerato, sino que algunos de ellos han probado antes a cursar primeros cursos de carreras universitarias (20,4%) y otros, han cursado anteriormente otros ciclos formativos (3,7%).

También, finalmente, existen otros a los que el auge del mercado laboral de la construcción sacó del sistema educativo y ahora regresan al mismo en época de crisis, (27,8%).

Todo esto refleja la existencia de una gran variedad del nivel de partida de los conocimientos previos necesarios, tanto en Expresión Gráfica como en Matemáticas, debido a su distinta procedencia.

En la Tabla 12 puede verse un resumen de todos los datos anteriores.

Tabla 12 Datos estadísticos alumnado FP

I. DATOS ESTADÍSTICOS	G1	G2	G3	GG	Diferencias entre Grupos	
	N = 13	N = 16	N = 25	N = 54	χ^2	p
	%	%	%	%		
1. Sexo						
Hombre	69,2	75,0	80,0	75,9	0,543	0,762
Mujer	30,8	25,0	20,0	24,1		
2. Edad						
<20	30,8	6,3	36,0	25,9	1,925	0,382
21-25	46,2	75,0	44,0	53,7		
26-30	7,7	0,0	4,0	3,7		
31-40	15,4	12,5	8,0	11,1		
>40	0,0	6,3	8,0	5,6		
3. Formas de acceso a los estudios						
Bachiller / COU	7,7	6,3	4,0	5,6	0,094	0,954
Bachillerato Científico Tecnológico	38,5	50,0	48,0	46,3		
Bachillerato de CC.SS.	15,4	6,3	8,0	9,3		
Bachillerato de Arte	15,4	12,5	12,0	13,0		
Prueba de Acceso	23,1	25,0	28,0	25,9		
4. Que estabas haciendo el curso anterior:						
Bachillerato	7,7	37,5	48,0	35,2	4,098	0,129
Ciclo formativo de Grado Superior	7,7	0,0	4,0	3,7		
Preparar la prueba de acceso	15,4	12,5	12,0	13,0		
Un curso universitario	38,5	12,5	16,0	20,4		
Trabajar	30,8	37,5	20,0	27,8		
5. ¿Tienes experiencia previa en el manejo de las líneas de nivel a nivel académico?						
Sí	46,5	25,0	36,0	35,2	1,395	0,439
No	53,8	75,0	64,0	64,8		
6. ¿Tienes experiencia previa en el manejo de las líneas de nivel a nivel profesional?						
Sí	15,4	25,0	8,0	14,8	2,197	0,333
No	84,6	75,0	92,0	85,2		
7. ¿Tienes experiencia previa en el manejo de aparatos topográficos?						
Sí	38,5	25,0	36,0	33,3	0,720	0,698
No	61,5	75,0	64,0	66,7		
8. ¿Estás dispuesto a mejorar tu nivel de conocimiento en la Topografía?						
Sí	100,0	87,5	100,0	96,3	4,841	0,089
No	0,0	12,5	0,0	3,7		

Por otro lado, existe una minoría de alumnos, 1 ó 2 por curso, que presentan necesidades específicas de apoyo educativo:

- Alumno con necesidades educativas especiales diagnosticadas con un déficit auditivo, que normalmente presentan una gran laboriosidad, por lo que con la atención adecuada no suele presentar dificultades en la superación del ciclo. Se les suele asistir con la ayuda de un intérprete de lengua de signos y, en algunos casos, con un profesor de apoyo.
- Alumnos con problemas con el idioma, que dependiendo del grado de integración tendrá mayor déficit en lo referente a la comunicación ordinaria o/y a la referente a contenidos técnicos.
- Alumnos con altas capacidades intelectuales. Se procurará estimularlo para que amplíe sus conocimientos, realice búsquedas de información, aumente la dificultad y complejidad de sus trabajos, ...

Respecto de su experiencia previa en el manejo de las líneas de nivel, se puede comentar que aproximadamente un tercio de la clase han trabajado con ellas alguna vez a nivel académico, proporción que baja hasta el 14,8%, a nivel profesional.

También un 33,3% dice haber trabajado alguna vez con aparatos topográficos. Finalmente se puede comentar que la predisposición del conjunto de alumnos ante el tema es buena, 96,3% de los mismos así lo han manifestado.

4.7.1. Caracterización del Perfil tecnológico de los alumnos

El primer paso a dar, era el conocimiento de nivel de manejo de las TIC por parte del alumnado. Así, del cuestionario contestado por ellos se puede observar su perfil tecnológico.

Tabla 13 TICs alumnado FP

II. TICs	G1	G2	G3	GG	Diferencias entre Grupos	
	N = 13	N = 16	N = 25	N = 54	χ^2	p
9. Señala qué tipo de Tecnologías de la Información (TICs) tienes: (Marca todas las que creas convenientes) (Sí/No)						
Ordenador de Mesa	100,0	87,5	92,0	92,6	1,627	0,443
PC Portátil	100,0	81,3	84,0	87,0	2,567	0,277
Smartphone	100,0	100,0	100,0	100,0	0,000	1,000
Acceso personal a Internet	100,0	87,5	96,0	94,4	2,307	0,316
Tablet	15,4	25,0	20,0	20,4	0,405	0,817
MP3/MP4	84,6	56,3	52,0	61,1	3,979	0,137
Consola	61,5	56,3	64,0	61,1	0,243	0,885
Cámara digital	76,9	68,8	56,0	64,8	1,763	0,414

Todos los alumnos poseen un ordenador personal, ya será portátil o de mesa. Además, se señala que todos los alumnos poseen smartphone, siendo en el 72,2% de los casos, con pantalla mayor a 3,5". Un 94,4 % de ellos posee acceso personal a internet, más de un 60% tienen MP3 o similar, consola y cámara digital y tan sólo un 20,4 % de ellos posee tablet.

En la Tabla 13 puede observarse los dispositivos electrónicos en posesión por los participantes del estudio. Además, en la Tabla 14 y en la Fig. 106 puede verse que la mayoría de ellos hacen un uso diario del ordenador personal, del teléfono móvil, al igual que de internet; viniéndose usando en un alto porcentaje de los casos desde hace más de 2 años. El resto de dispositivos electrónicos se utiliza menos, puesto que muchas funciones se suplen por los anteriores elementos indicados. Tabla 15.

El uso del ordenador y del móvil es diario, de entre 2-4 horas de media en el primer caso en el 55,6% de los casos como mínimo; y en el caso de los móviles el mayor porcentaje de 27,7% se centra en la franja de 4-8 horas. Tabla 18. El lugar con mayor uso diario del ordenador es en el centro de estudios, 92,6% y en casa, 77,6%, Tabla 16. Apenas si se usa en el resto de lugar posible indicados, ciber 92,5%, trabajo 81,4% o lugares de ocio 74,1%. Véase Fig. 108.

Respecto de su nivel de manejo de software, (Fig. 109 y Tabla 17), consideran que tienen un nivel alto en el manejo de internet, 40,7% y medio-Alto en el manejo del sistema operativo, 38,9% y en el procesador de textos, 44,4%. Un nivel medio en el manejo de

tablas, 38,9%, presentaciones, 40,7% y diseño, 37,0%. Sin duda el software que menos manejan es el educativo, nivel básico, 38,8%.

Tabla 14 Uso de las TICs y frecuencia alumnado FP

10. Señala las TICs que usas y con qué frecuencia:													
(GG N = 54)		No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
PC MESA	GG	22	40,7	3	5,6	4	7,4	4	7,4	21	38,9	1,620	0,445
PORTÁTIL	GG	7	13,0	4	7,4	2	3,7	13	51,9	28	51,9	3,003	0,223
SMARTPHONE	GG	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	9,3	49	90,7	1,574	0,455
INTERNET	GG	0	0,0	0	0,0	2	3,7	3	5,6	49	90,7	2,979	0,225
TABLET	GG	43	79,6	2	3,7	1	1,9	4	7,4	4	7,4	1,797	0,407
MP3/MP4	GG	33	61,1	8	14,8	2	3,7	3	5,6	8	14,8	1,668	0,430
CONSOLA	GG	23	42,6	12	22,2	9	16,7	7	13,0	3	5,6	1,472	0,479
CAMARA	GG	23	42,6	16	29,6	11	20,4	2	3,7	2	3,7	0,311	0,856

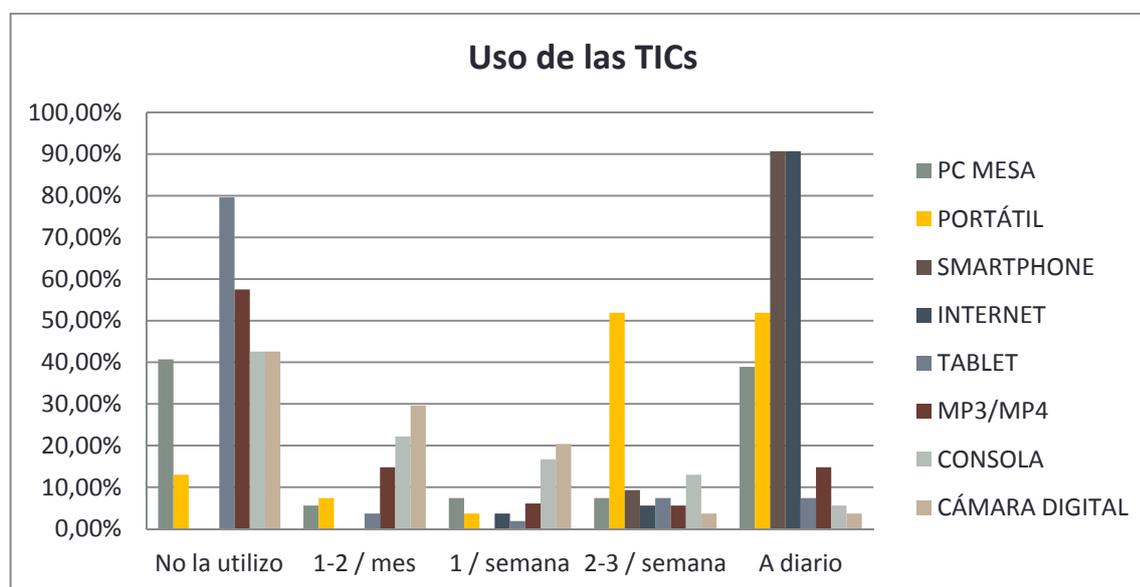


Fig. 106 Uso de las TICs alumnado FP

Tabla 15 Experiencia temporal en el uso de las TICs alumnado FP

11. Señala desde cuando usas las TICs:													
(GG N = 54)		No lo utilizo		0-6 Meses		6-12 Meses		1-2 años		>2 años		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
PC MESA	GG	17	31,5	3	5,6	3	5,6	1	1,9	30	55,5	4,865	0,088
PORTÁTIL	GG	4	7,4	4	7,4	2	3,7	6	11,1	38	70,4	2,056	0,358
SMARTPHONE	GG	3	5,6	0	0,0	2	3,7	2	3,7	47	87,0	2,536	0,281
INTERNET	GG	4	7,4	0	0,0	1	1,9	3	5,6	46	85,1	4,255	0,119
TABLET	GG	38	70,3	2	3,7	4	7,4	3	5,6	7	13,0	0,701	0,704
MP3/MP4	GG	23	42,6	1	1,9	1	1,9	4	7,4	25	46,2	4,928	0,085
CONSOLA	GG	21	38,9	3	5,6	1	1,9	3	5,6	26	48,0	1,033	0,597
CAMARA	GG	17	31,5	1	1,9	1	1,9	2	3,7	33	61,0	4,544	0,103

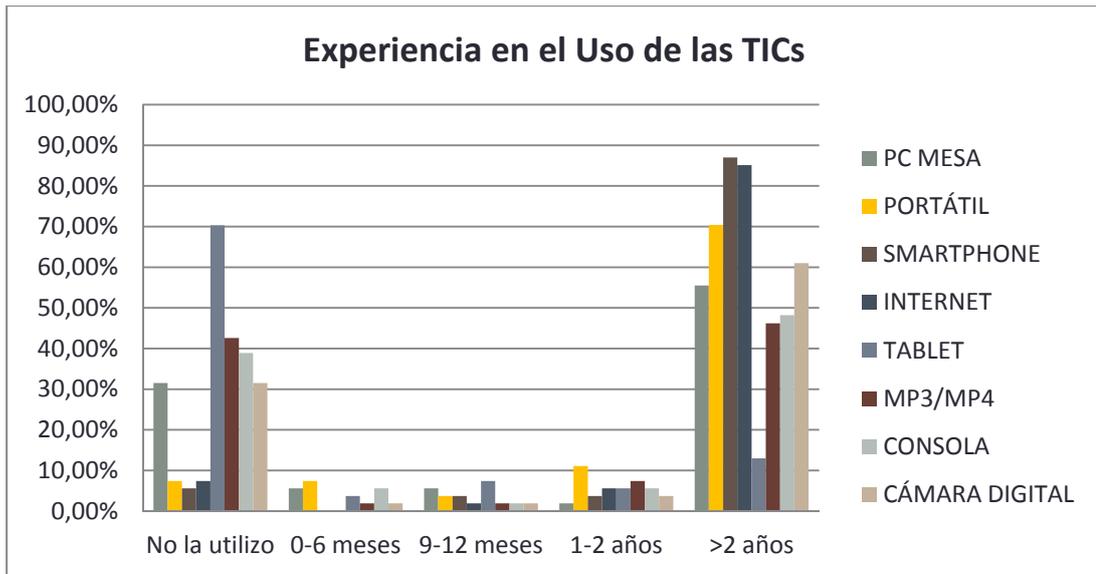


Fig. 107 Experiencia temporal en el uso de las TICs alumnado FP

III. PC/PORTÁTIL Y APLICACIONES

Tabla 16 Uso del PC/portátil y frecuencia alumnado FP

12. Indica dónde sueles usar el ordenador y con qué frecuencia:

(GG N = 54)		No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
CASA	GG	1	1,9	1	1,9	3	5,6	7	13,0	42	77,6	4,910	0,086
CIBER	GG	50	92,5	1	1,9	0	0,0	2	3,7	1	1,9	1,803	0,406
TRABAJO	GG	44	81,4	1	1,9	2	3,7	1	1,9	6	11,1	2,880	0,237
INSTITUTO	GG	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	7,4	50	92,6	0,045	0,978
LUGAR OCIO	GG	40	74,1	6	11,1	6	11,1	2	3,7	0	0,0	2,107	0,349

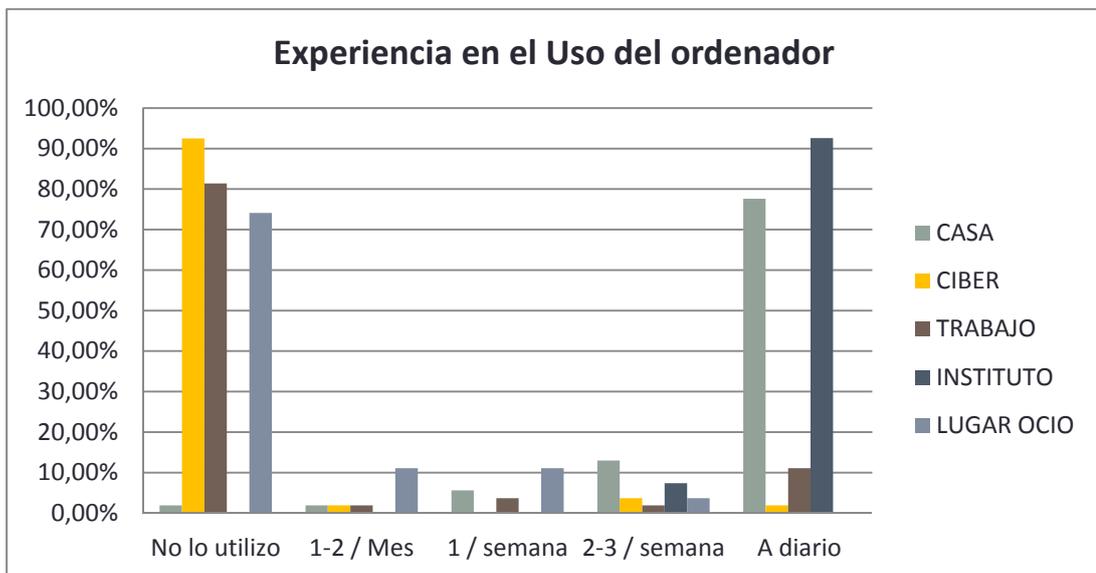


Fig. 108 Experiencia en el uso del PC/portátil y frecuencia GX alumnado FP

Tabla 17 Nivel del Software usado alumnado FP

13. Indica qué tipo de software o programas sabes utilizar y con qué nivel:													
(GG N = 54)		No sé usarlo		Nivel Bajo		Nivel Medio		Nivel Medio-Alto		Nivel Alto		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		SISTEMA OPERATIVO	GG	2	3,7	8	14,8	12	22,2	21	38,9		
TEXTOS	GG	3	5,6	4	7,4	16	29,6	24	44,4	7	13,0	0,721	0,697
TABLAS	GG	6	11,1	10	18,5	21	38,9	15	27,8	2	3,7	3,915	0,141
PONENCIAS	GG	4	7,4	7	13,0	22	40,7	14	25,9	7	13,0	1,982	0,371
INTERNET	GG	1	1,9	2	3,7	9	16,7	20	37,0	22	40,7	0,793	0,673
EDUCACIÓN	GG	13	24,1	21	38,8	15	27,8	5	9,3	0	0,0	1,934	0,380
DISEÑO	GG	8	14,8	14	26,0	20	37,0	10	18,5	2	3,7	0,583	0,747

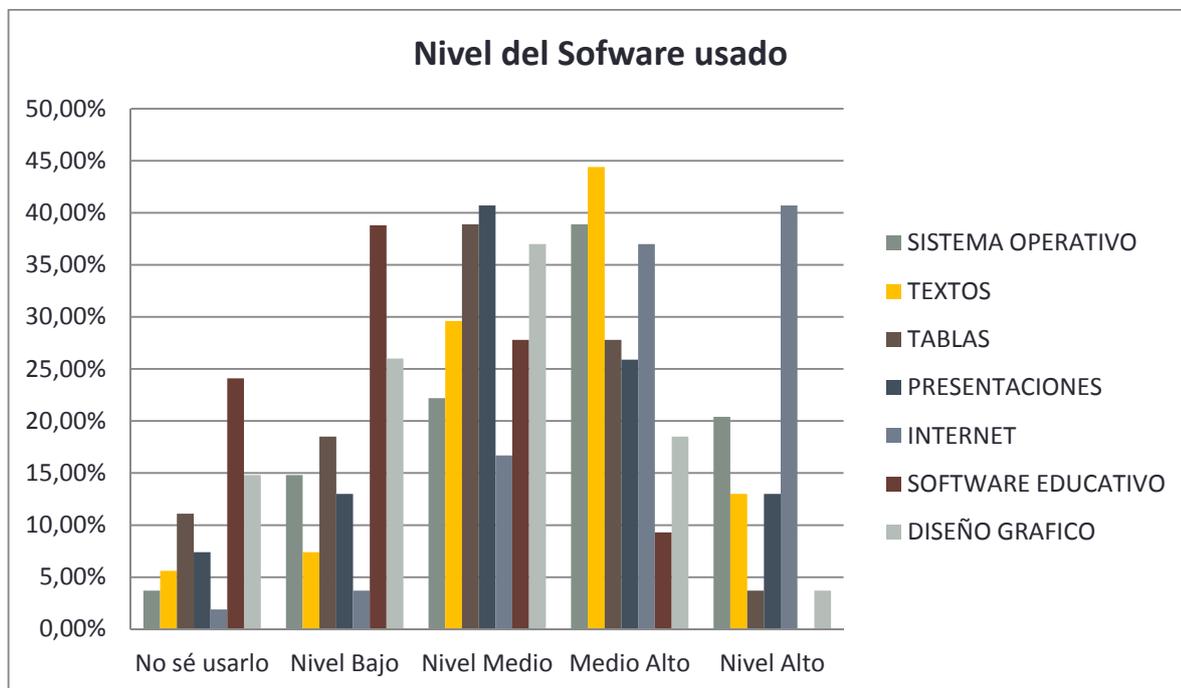


Fig. 109 Nivel del Software usado alumnado FP

Tabla 18 Uso diario de las TICs alumnado FP

14. Indica el uso diario que haces de las TICs:													
(GG N = 54)		<1 Hora		1-2 Horas		2-4 Horas		4-8 Horas		>8 Horas		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		USO DIARIO PC	GG	0	0,0	0	0,0	30	55,6	20	37,0		
CONEXIÓN DIARIA A INTERNET	GG	7	13,0	11	20,4	13	24,1	15	27,7	8	14,8	2,730	0,255

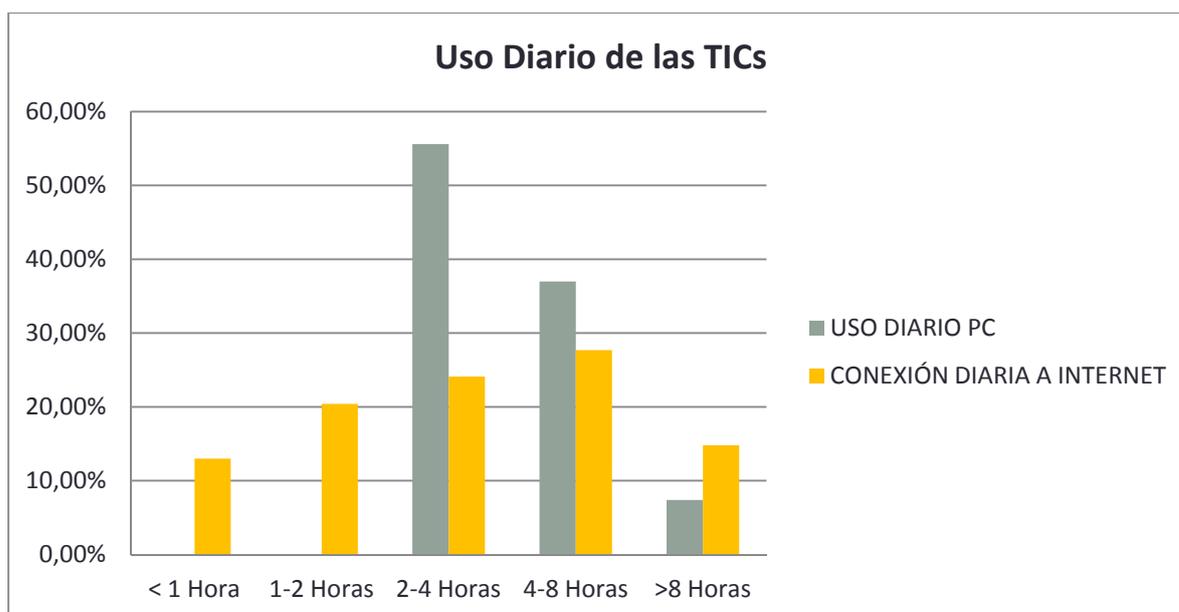


Fig. 110 Uso diario de las TICs alumnado FP

Respecto del uso del móvil actual, puede observarse en la Tabla 19 que es un dispositivo común entre los alumnos encuestados, y que se utiliza “mucho” principalmente, Tabla 20, para internet 59,2% y Whatsapp 77,7%; “poco” o “nunca” para sms o mms; mientras que el uso de aplicaciones, música, videos o cámara queda muy repartido entre las distintas opciones, Fig. 111.

Tabla 19 Móviles alumnado FP

IV. MÓVILES	G1	G2	G3	GG	Diferencias entre Grupos	
	N = 13	N = 16	N = 25	N = 54	χ^2	p
15. ¿Es tu móvil 3G?						
Sí	100,0	93,8	92,0	94,4	1,044	0,593
No	0,0	6,3	8,0	5,6		
16. ¿Posee una Pantalla mayor que 3'5 pulgadas?						
Sí	84,6	62,5	72,0	72,2	1,717	0,424
No	15,4	37,5	28,0	27,8		

Tabla 20 Opciones usadas en el móvil alumnado FP

17. ¿Qué opciones del teléfono móvil utilizas?													
(GG N = 54)		Nunca		Poco		A menudo		Bastante		Mucho		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
INTERNET	GG	3	5,6	7	13,0	4	7,4	8	14,8	32	59,2	5,874	0,053
SMS	GG	20	37,0	22	40,7	7	13,0	3	5,6	2	3,7	3,061	0,216
MMS	GG	41	75,9	10	18,5	1	1,9	2	3,7	0	0,0	1,969	0,374
WHATSAPP	GG	5	9,3	0	0,0	3	5,6	4	7,4	42	77,7	1,081	0,582
APPS	GG	11	20,4	8	14,8	13	24,0	11	20,4	11	20,4	3,316	0,190
MÚSICA	GG	13	24,1	5	9,3	10	18,5	8	14,8	18	33,3	4,771	0,092
VIDEOS	GG	8	14,8	12	22,5	13	24,1	11	20,4	10	18,2	1,022	0,600
CÁMARA	GG	2	3,7	7	13,0	15	27,8	18	33,3	12	22,2	0,590	0,744

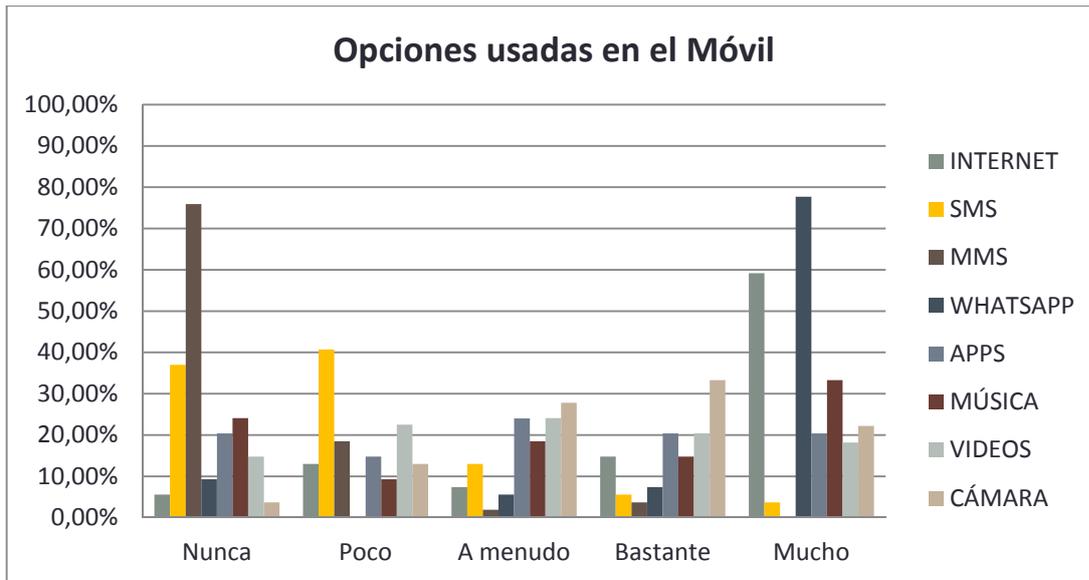


Fig. 111 Opciones usadas en el móvil alumnado FP

V. INTERNET, REDES SOCIALES Y OTRAS HERRAMIENTAS

Tabla 21 Dispositivo para conexión a internet alumnado FP

18. ¿Qué dispositivo utilizas para conectarte a Internet normalmente?

(GG N = 54)		No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
PC MESA	GG	24	44,4	3	5,6	8	14,8	4	7,4	15	27,8	1,909	0,385
PORTÁTIL	GG	7	13,0	3	5,6	6	11,1	11	20,4	27	49,9	4,107	0,128
MÓVIL	GG	5	9,3	2	3,7	3	5,6	5	9,3	39	72,1	3,124	0,210
TABLET	GG	42	77,7	2	3,7	3	5,6	3	5,6	4	7,4	1,778	0,411
CONSOLAS	GG	35	64,7	5	9,3	8	14,8	5	9,3	1	1,9	3,451	0,178

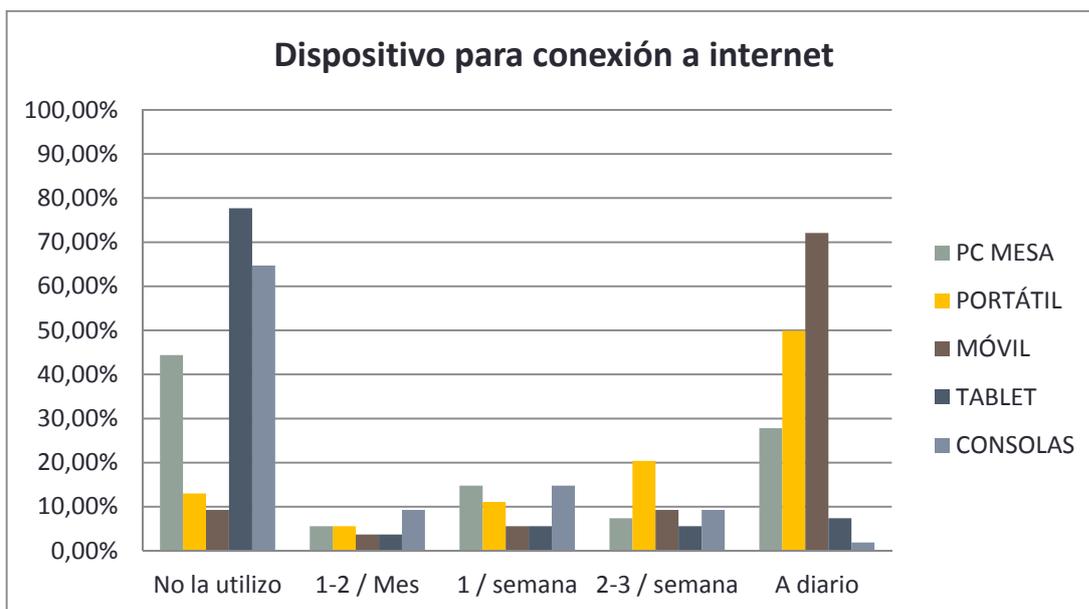


Fig. 112 Dispositivo para conexión a internet alumnado FP

Tabla 22 Lugar y frecuencia de conexión a internet alumnado FP

19. Indica dónde te sueles conectar a Internet y con qué frecuencia:

(GG N = 54)		No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
CASA	GG	2	3,7	2	3,7	0	0,0	6	11,1	44	81,5	3,818	0,148
CIBER	GG	51	94,4	2	3,7	1	1,9	0	0,0	0	0,0	1,056	0,590
TRABAJO	GG	40	74,0	5	9,3	2	3,7	4	7,4	3	5,6	1,547	0,461
INSTITUTO	GG	6	11,1	5	9,3	8	14,8	16	29,6	19	35,2	4,404	0,111
SMARTPHONE	GG	6	11,1	3	5,6	5	9,3	5	9,3	35	64,7	0,900	0,638
OTRAS WI-FI	GG	23	42,5	11	20,4	12	22,2	5	9,3	3	5,6	0,022	0,989

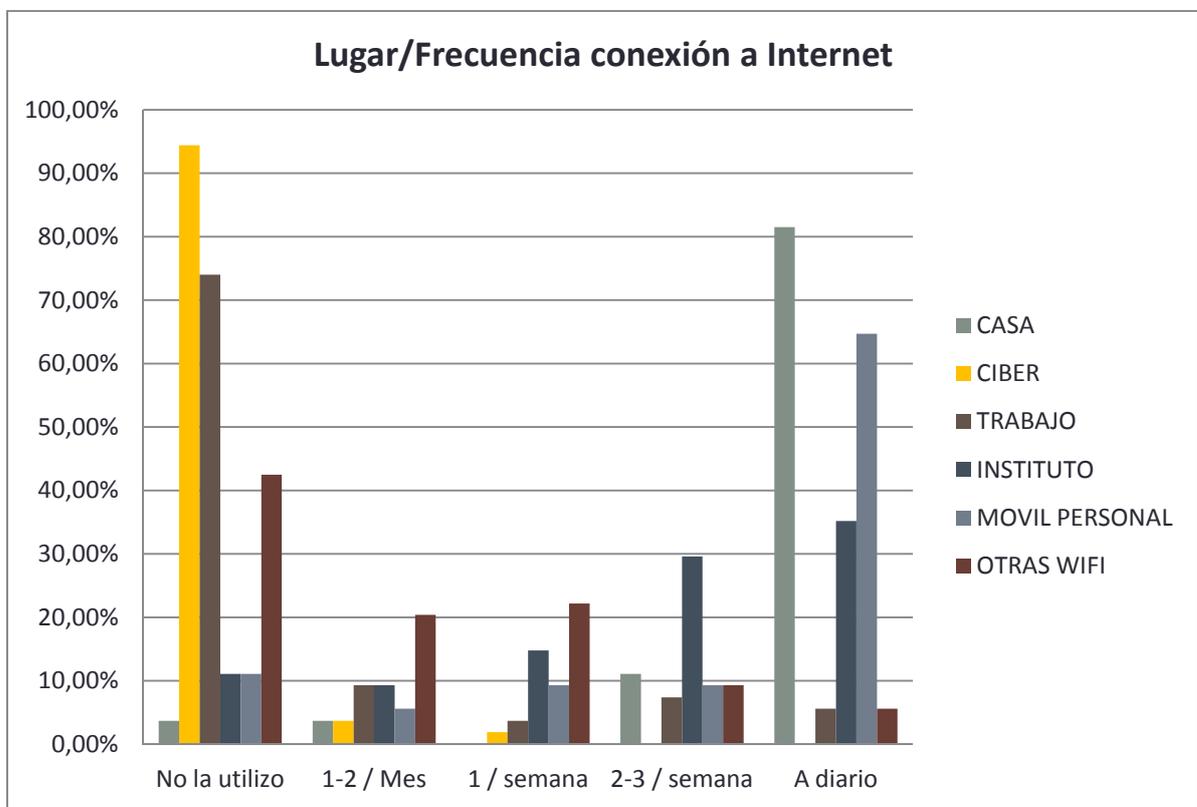


Fig. 113 Lugar y frecuencia de conexión a internet alumnado FP

En cuanto al dispositivo usado en la conexión a internet, los datos quedan plasmados en la Fig. 112 y los datos numéricos de dicha distribución se encuentran en la Tabla 21. De ellos se desprende que es desde el móvil desde donde se accede con mayor asiduidad a internet, 72,1%, siendo el ordenador personal o el portátil la otra vía de acceso a las webs. Poco uso en este ámbito existe para las tablets o las consolas, declarándose que no se utilizan el 77,7% y el 64,7%, respectivamente.

Respecto del lugar de conexión, Tabla 22 y Fig. 113, es la vivienda de cada estudiante, 81,5%, el lugar donde se conectan más, seguido del uso ubicuo del smartphone 64,7% y del centro de estudios 35,2%, donde hacen un uso diario de la conexión a internet. Por el contrario muy raro es el uso en un ciber (94,4%), o en el trabajo, 74,0%, siendo muy bajo el uso también de otras Wi-Fi, aunque algo más habitual.

4.7.2. Predisposición ante el uso de los modelos 3D

Tras una presentación de los modelos a utilizar en clase visualizándolos en las tres tecnologías en estudio, se les ha preguntado a los estudiantes y el 100,00% de los alumnos encuestados, Tabla 23, cree que puede ser útil en sus estudios y que puede mejorar sus presentaciones, es decir, se observa una predisposición positiva del alumnado ante el uso de los modelos 3D.

Sin embargo, un 77,7% del total expone haberlos manejado menos de alguna vez y un 68,5% admite que el primer contacto con la Realidad Aumentada se ha producido es este curso; siendo el profesor en un 90,7% de los casos el que les ha presentado esta herramienta de visualización, aunque también se manifiesta su conocimiento por otras vías, pero en porcentajes mucho menores, como internet, 27,8%, amigos, 11,1%, y publicidad, 7,4%.

Este desconocimiento se refleja en que un tercio de los alumnos se muestra algo reticente ante esta nuevas forma de visualización, ya que piensa que puede que sea complicada en su aplicación, incluso un 25,9% del alumnado encuestado piensa que puede ser una limitación para el usuario final.

Tabla 23 Realidad Aumentada alumnado FP

VI. REALIDAD AMPLIADA	G1	G2	G3	GG	Diferencias entre Grupos	
	N = 13	N = 16	N = 25	N = 54	χ^2	%
20. ¿Sabías qué era la Realidad Aumentada antes de comenzar estos estudios?						
Sí	23,1	25,0	40,0	31,5	1,549	0,461
No	76,9	75,0	60,0	68,5		
21. ¿Cómo has conocido la Realidad Aumentada? (marca todas las que creas convenientes)						
Profesor	92,3	87,5	92,0	90,7	0,280	0,869
Publicidad	15,4	6,3	4,0	7,4	1,630	0,443
Internet	7,7	31,3	36,0	27,8	3,487	0,175
Amigos	0,0	18,8	12,0	11,1	2,542	0,281
22. ¿Crees que puede ser útil en tus estudios?						
Sí	100,00	100,00	100,00	100,00	0,000	1,000
No	0,0	0,0	0,0	0,0		
23. ¿Crees que aplicar la Realidad Aumentada puede mejorar tus presentaciones?						
Sí	100,00	100,00	100,00	100,0	0,000	1,000
No	0,0	0,0	0,0	0,0		
24. ¿Crees que la Realidad Aumentada será complicada en su aplicación?						
Sí	7,7	37,5	44,0	33,3	5,154	0,076
No	92,3	62,5	56,0	66,7		
25. ¿Crees que la Realidad Aumentada puede ser una limitación para el usuario final?						
Sí	7,7	25,0	36,0	25,9	3,513	0,173
No	92,3	75,0	64,0	74,1		

Tabla 24 Visualización de modelos 3D alumnado FP

26. ¿Has usado alguna vez algún dispositivo para visualizar objetos 3D?													
(GG N = 54)		Nunca		Rara vez		Alguna vez		Bastantes veces		Muchas veces		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
VER	GG	10	18,5	14	25,9	18	33,3	10	18,5	2	3,8	0,294	0,863
MODELOS 3D													

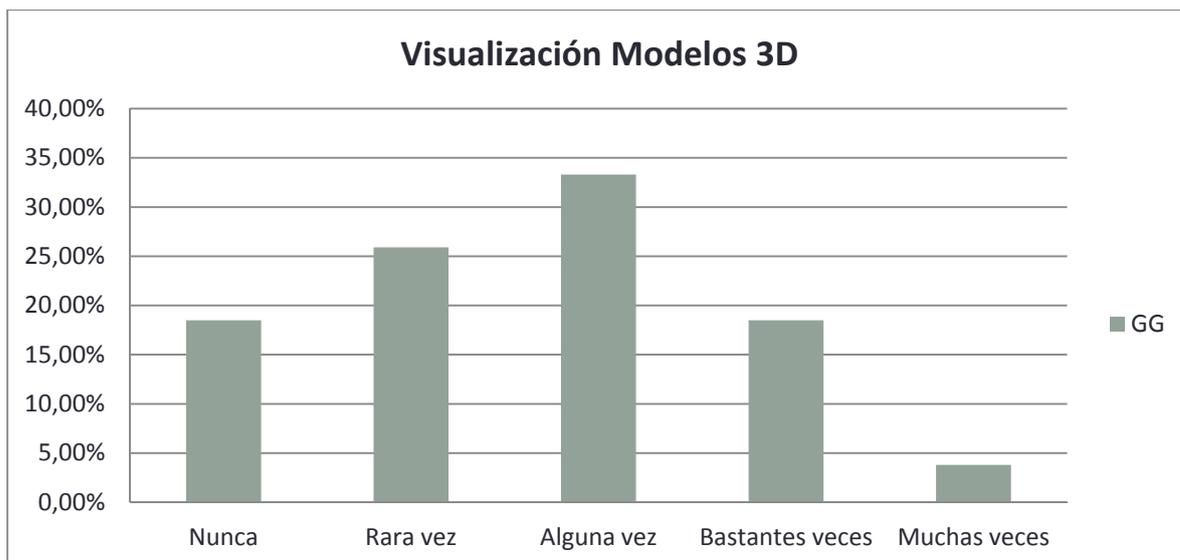


Fig. 114 Visualización de modelos 3D alumnado FP

4.7.3. Características académicas previas

En cuanto a las características académicas previas, se ha realizado dos bloques de preguntas *ad hoc* referentes a la apreciación personal del dominio sobre los contenidos gráficos y matemáticos implícitos en el manejo de las líneas de nivel. Los datos obtenidos se pueden observar en los gráficos presentados: Tabla 25, Tabla 26, Fig. 115 y Fig. 116.

VIII. Dominio previo de las habilidades en MATEMÁTICAS

Tabla 25 Dominio previo de las habilidades en Matemáticas alumnado FP

27. De las siguientes frases valora como te sientes identificado/a con ellas:
(1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)

M01	Tengo grandes conocimientos sobre trigonometría.
M02	Poseo gran habilidad en el manejo de ángulos.
M03	Me agradan las asignaturas donde las Matemáticas es una parte importante.
M04	Domino con gran soltura las escalas de representación.
M05	Dispongo de capacidad para realizar cálculos referidos a pendientes.
M06	Soy hábil para realizar cálculos con cambios de unidades.
M07	Resuelvo con facilidad las ecuaciones.
M08	Tengo gran dominio en las reglas de tres.
M09	Tengo una gran visión global desde el punto de vista matemático.
M10	Las Matemáticas son mi fuerte.
M11	Sé manejar la calculadora para calcular el seno, coseno y tangente de un ángulo.
M12	Sé cambiar de unidades de ángulos auxiliándome de la calculadora.
M13	La parte matemática de los dibujos me parece más fácil de entender que la parte gráfica.
M14	Las Matemáticas nunca han supuesto una barrera para entender las clases de dibujo.

En general, los alumnos se muestran bastante cómodos con las asignaturas donde las Matemáticas se encuentran implicadas y donde el dibujo es una parte importante. Pero se observa que tienen más confianza respecto del uso de las Matemáticas que en los referente a de su capacidad de resolver problemas gráficos, prefiriendo el uso de la calculadora en trigonometría, los cálculos con ecuaciones, mostrando la menor confianza en el dominio de las escalas de representación.

Sin embargo, en general, el profesorado observa que las apreciaciones realizadas en cuanto a los controles de las materias matemática y gráfica, son más elevadas de las reales, es decir, el autoconcepto del control de la capacidad matemática es superior el dominio real, elemento que queda patente en clase y en los resultados de las pruebas realizadas en esta y en el resto de materias del curso. Opinión que es compartida por el resto de profesores del curso.

(GG N = 54)		Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
M01	GG	3	5,6	13	24,1	26	48,0	9	16,7	3	5,6	0,094	0,954
M02	GG	4	7,4	12	22,2	23	42,6	14	25,9	1	1,9	0,495	0,781
M03	GG	1	1,9	4	7,4	21	38,8	19	35,2	9	16,7	0,071	0,965
M04	GG	3	5,6	25	46,3	19	35,1	4	7,4	3	5,6	0,751	0,687
M05	GG	3	5,6	12	22,2	20	37,0	17	31,5	2	3,7	0,209	0,901
M06	GG	1	1,9	2	3,7	29	53,6	15	27,8	7	13,0	0,578	0,749
M07	GG	3	5,6	5	9,3	17	31,4	20	37,0	9	16,7	0,125	0,749
M08	GG	1	1,9	1	1,9	12	22,2	21	38,8	19	35,2	5,408	0,939
M09	GG	4	7,4	5	9,3	18	33,3	19	35,2	8	14,8	0,611	0,067
M10	GG	5	9,3	10	18,5	12	22,2	21	38,9	6	11,1	0,353	0,838
M11	GG	2	3,7	3	5,6	2	3,7	14	25,9	33	61,1	4,976	0,083
M12	GG	4	7,4	9	16,7	13	24,1	18	33,3	10	18,5	0,795	0,672
M13	GG	7	13,0	12	22,2	20	37,0	13	24,1	2	3,7	1,828	0,401
M14	GG	1	1,9	7	13,0	15	27,8	21	38,8	10	18,5	0,603	0,740

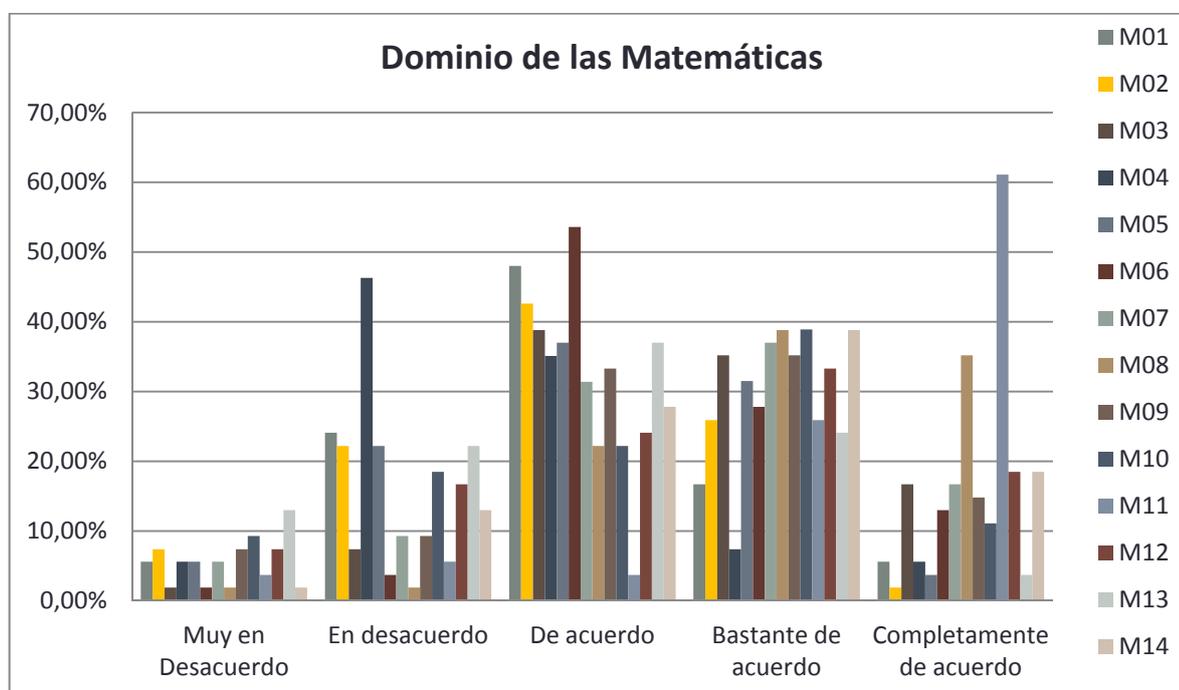


Fig. 115 Dominio previo de las habilidades en Matemáticas alumnado FP

En cuanto a la parte gráfica, algo significativo es que la respuesta en la que se han mostrado más de acuerdo es con la de que les agradan las asignaturas donde el dibujo es una parte importante. Se admite, además, un mejor control de sistema Diédrico y

Axonométrico, así como habilidades para interpretar dibujos técnicos. Finalmente nombrar que se presenta más carencias respecto todo lo relacionado con los planos topográficos, presentando las mayores carencias frente la interpretación y manipulación de las líneas de nivel, ya que también admiten haber visto pocos planos topográficos.

VII. Dominio previo de las habilidades de EXPRESIÓN GRÁFICA

Tabla 26 Dominio previo de las habilidades de Expresión Gráfica alumnado FP

**27. De las siguientes frases valora como te sientes identificado/a con ellas:
(1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)**

E01	Tengo grandes conocimientos sobre trigonometría.
E02	Poseo gran habilidad para interpretar los dibujos técnicos en general.
E03	Me agradan las asignaturas donde el dibujo es una parte importante.
E04	Domino con gran soltura el sistema Diédrico de representación.
E05	Dispongo de capacidad para dibujar con el sistema Axonométrico de representación: Isométrico y perspectiva Caballera.
E06	Soy hábil para interpretar dibujos realizados con el sistema de planos acotados.
E07	He visto muchas veces planos topográficos.
E08	Imagínate que te has perdido en medio de un lugar rodeado de naturaleza y que dispones de un plano donde se reflejan las curvas de nivel del lugar. Sería capaz de orientarme con dicho plano.
E09	Podría realizar cálculos a partir de dibujos y deducir otras medidas a partir de los planos topográficos.
E10	Sabría realizar perfiles del terreno a partir de las líneas de nivel del mismo.
E11	Puedo interpretar planos de un movimiento de tierras distinguiendo las partes en desmonte, planas y terraplén.
E12	Soy capaz de manipular las líneas de nivel que representan a un terreno y trabajar con ellas modificando su forma de acuerdo con las necesidades de un proyecto.

	(GG N = 54)	Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
E01	GG	6	11,1	13	24,1	20	37,1	14	25,8	1	1,9	0,050	0,975
E02	GG	3	5,6	6	11,1	27	50,0	15	27,7	3	5,6	2,210	0,331
E03	GG	3	5,6	0	0,0	8	14,8	22	40,7	21	38,9	5,768	0,056
E04	GG	10	18,5	11	20,4	14	25,9	17	31,5	2	3,7	0,231	0,891
E05	GG	9	16,7	11	20,4	13	24,1	16	29,5	5	9,3	1,543	0,462
E06	GG	0	0,0	7	13,0	27	50,0	24	25,9	6	11,1	0,095	0,954
E07	GG	9	16,7	25	46,2	13	24,1	4	7,4	3	5,6	0,490	0,783
E08	GG	6	11,1	9	16,7	17	31,4	15	27,8	7	13,0	0,081	0,960
E09	GG	7	13,0	19	35,2	21	38,8	7	13,0	0	0,0	5,059	0,080
E10	GG	15	27,8	14	25,9	17	31,4	7	13,0	1	1,9	5,869	0,053
E11	GG	14	25,9	20	37,0	9	16,7	9	16,7	2	3,7	4,971	0,083
E12	GG	18	33,3	20	37,0	10	18,5	5	9,3	1	1,9	4,910	0,086

Esto puede ser debido, a que tan sólo algo más de un 14,8% de los mismos afirman haber tenido una experiencia laboral relacionada con las curvas de nivel, es decir, la mayoría de los alumnos no tienen experiencia previa respecto de las líneas de nivel o esta es muy escasa, sin embargo, en un 96,3% de los casos están dispuestos a mejorar dicho nivel, es decir, los alumnos son conscientes de su desconocimiento del manejo de las líneas de nivel en topografía, confesando que el manejo de curva de nivel era difícil para

ellos y que probablemente esto se deba a la poca experiencia en el manejo de los mismos, que sólo permiten comprender los dibujos. Estos resultados confirman la necesidad de modelos 3D para apoyar a los estudiantes que aprenden el manejo de las líneas de nivel.

Los resultados muestran que el conocimiento de los alumnos en el uso de las líneas de nivel era bajo y que existía un gran interés y una alta predisposición hacia el aprendizaje de la tarea sobre el manejo de las curvas de nivel para aumentar el conocimiento de las mismas.

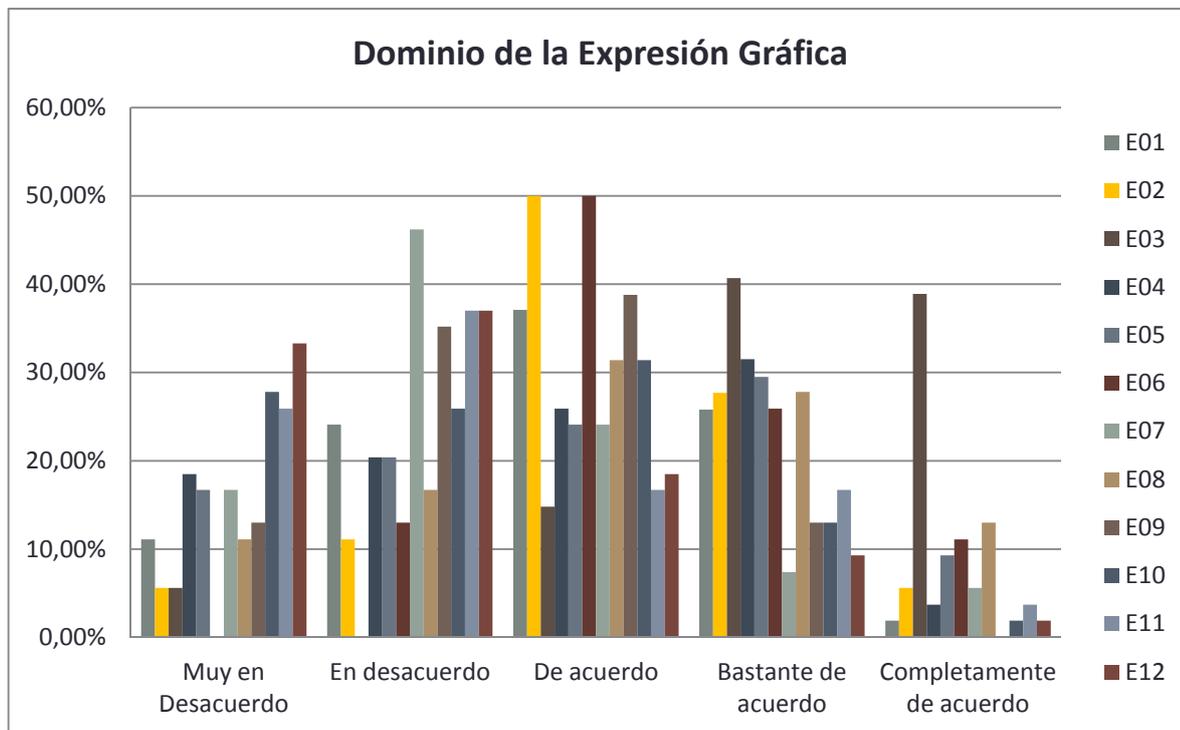


Fig. 116 Expresión Gráfica alumnado FP

Por otro lado, hay que mencionar que se han agrupado, sumando las apreciaciones de los alumnos en todas las cuestiones en una sola variable que muestra el perfil académico de los alumnos. En total la nueva variable ha constado de 26 ítems, escala Likert (1 a 5). La puntuación total de la misma, podía variar entre 26 y 130 puntos. Los estadísticos totales se pueden ver en la

Tabla 27 y en la Tabla 28. Para GG (M = 80,94, SD = 11,74, límite superior = 84,15, límite inferior = 77,74). Se agruparon los resultados en una escala de tal manera que los alumnos se clasificaron en su perfil académico tecnológico con los siguientes perfiles en función de la puntuación: (26-46) Bajo perfil, (47-67) Medio-Bajo, (68-88) Medio, (89-109) Medio-Alto y (110-130) Alto. Alfa de Cronbach de la escala total de los 26 elemento 0,832. Véase Fig. 117 y Fig. 118.

En cuanto al Perfil académico de todos los grupos, tras determinar por la prueba de Shapiro Wilk que se correspondía a una distribución normal de la variable dependiente, y se comprobó mediante la Prueba Anova de un factor, $F = 0,292$ p-valor = $0,748 > 0,05$, que no existen diferencias significativas entre los grupos. Por lo tanto, se acepta que no existe una diferencia significativa entre los perfiles académicos de estos grupos, previa al experimento, por lo que se pudo agrupar los mismos y que los componentes de ambos grupos muestran perfiles académicos matemático-gráfico de carácter medio.

Tabla 27 Resumen de estadísticos alumnado FP

	G1 N = 13	G2 N = 16	G3 N = 25	GG N = 54	F	p
Perfil académico	82,08	79,06	81,56	80,94		
M (SD)	(13,54)	(13,64)	(9,66)	(11,74)	0,823	0,748
Límite superior	90,26	86,33	85,55	84,15		
Límite inferior	73,90	71,80	77,57	77,74		

Tabla 28 Perfil académico alumnado FP

PERFIL ACADÉMICO		Bajo 26-46		Medio-Bajo 47-67		Medio 68-88		Medio-Alto 89-109		Alto 110-130		F	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		G1	0	0,0	2	15,4	5	38,5	6	46,1	0		
G2	0	0,0	3	18,8	9	56,2	4	25,0	0	0,0			
G3	0	0,0	1	4,0	21	84,0	3	12,0	0	0,0			
GG	0	0,0	6	11,1	35	64,8	13	24,1	0	0,0			

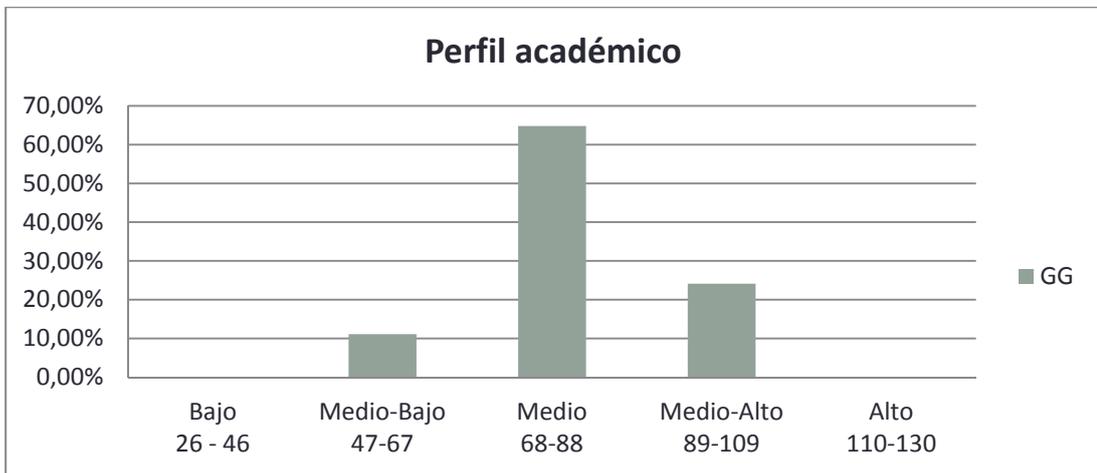


Fig. 117 Perfil académico alumnado FP

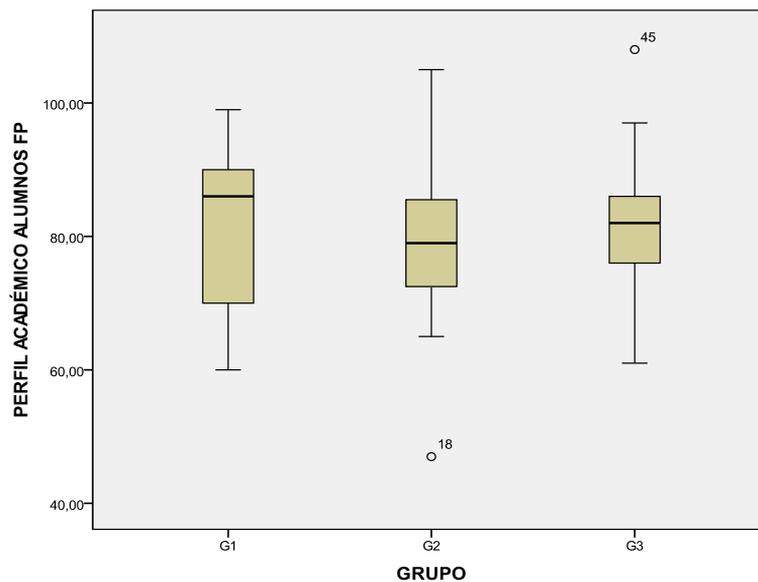


Fig. 118 Diagrama del perfil académico alumnado FP por grupos

4.8. Primera pregunta de investigación

Q1. ¿Se modifica la percepción de la capacidad de visualización espacial como consecuencia del uso de modelos 3D en el proceso de enseñanza aprendizaje?

Se ha realizado una pregunta para averiguar cuál era la percepción personal del alumnado sobre la variación de su capacidad de visualización espacial al final del proceso de enseñanza debido a la utilización de los modelos 3D en la asignatura.

El 90,0% de los encuestados, (N = 30), Tabla 29, contestaron afirmativamente a la pregunta de si consideraban que sus capacidades de visualización espacial habían mejorado gracias a la utilización de modelos 3D. Sin embargo, esta es simplemente una percepción personal, se debe realizar estudios comparativos en un estudio control para llegar a conclusiones definitivas.

Tabla 29 Cambio en la capacidad de visualización espacial

DIFERENCIAS OBSERVADAS EN LA VISUALIZACIÓN ESPACIAL	GG N = 30
¿Crees que tus capacidades de visualización espacial han mejorado gracias a la utilización de modelos 3D?	%
SI	90,0
NO	10,0

4.9. Segunda pregunta de investigación

Q2. ¿Se produce una mejoría en los resultados de aprendizaje, achacable al manejo en la tarea de los modelos tridimensionales?

Se ha realizado dos pruebas de nivel *ad hoc*, Anexo 8 y Anexo 9 con similar grado de dificultad, de 60 preguntas tipo test multirespuesta vía moodle, con el grupo de estudio, una previa al proceso de investigación y otra al final del curso. Se ha procedido a realizar la comparativa de valores obtenidos.

La prueba ha sido realizada por 30 alumnos. La prueba de Shapiro Wilk determinó que no existía una distribución normal de la variable dependiente. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon, es la que se utilizó para la comparación de las muestras relacionadas de los datos de cada uno de los grupos en relación a sus resultados de cuestiones acertadas. Se ha encontrado que existían diferencias significativas en relación a la cantidad de respuestas correctas en la prueba realizada post proceso respecto de la realizada previa al proceso. (GG Z = -5,375 p-valor = 0,000*) Por lo tanto, con una probabilidad mayor del 95% podemos concluir que la prueba de nivel posterior al proceso difiere del valor tomado antes del experimento.

Tabla 30 Notas de la prueba de nivel en FP (pre-post)

NOTA DE LA PRUEBA (GG N = 30)	PRE	POST	Cambios intra-grupo Wilcoxon
			PRE-POST (Z/p)
M (SD)	5,89 (2,35)	7,30 (1,97)	
Límite superior	GG 6,25	7,59	(Z = -5,375 / p = 0,000*)
Límite inferior	5,54	7,01	

Este resultado nos da indicios de que la utilización de modelos tridimensionales en el proceso de enseñanza aprendizaje podría mejorar los resultados académicos de los alumnos, hipótesis que deberá ser comprobada en un estudio control con dos grupos de alumnos.



Fig. 119 Notas de la prueba de nivel FP

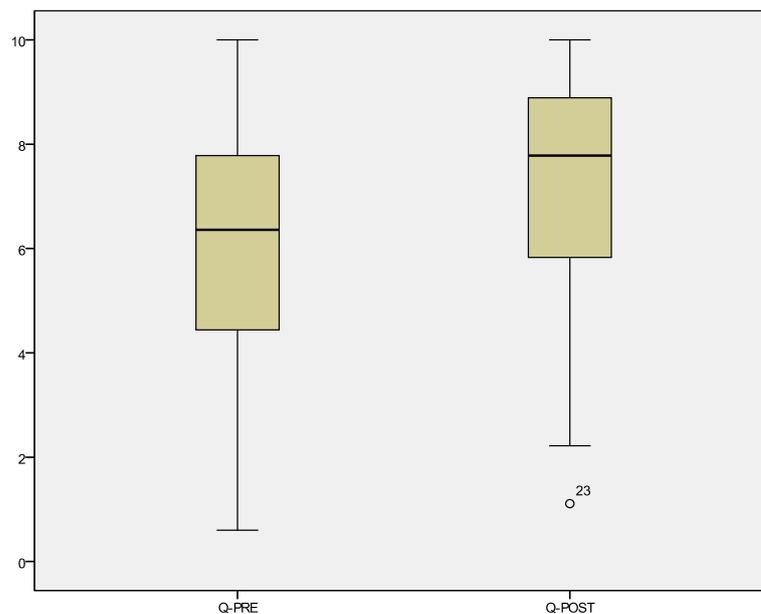


Fig. 120 Calificaciones de la prueba de nivel en FP (PRE-POST)

4.10. Tercera pregunta de investigación. Bipolar Laddering

Q3. ¿Cuáles son, según el alumnado, los puntos fuertes y débiles de la incorporación de los modelos 3D a la instrucción?

El método Bipolar Laddering, BLA, es el seguido para analizar los puntos positivos y negativos de la introducción de los modelos 3D en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Todos los participantes, (N = 54), contestaron a las preguntas a través de la plataforma moodle del centro de estudios; enumerando, valorando y explicando las ventajas e

inconvenientes observados en la metodología seguida en clase tras la agregación de los modelos 3D.

Más tarde se analiza la información recibida: clasificación de los elementos positivos y negativos, suma de las puntuaciones atribuidas y recuento de las veces que se han repetido. Para aquellos ítems indefinidos se ha mantenido una entrevista con los alumnos para matizarlos.

El orden dentro de las categorías lo establece el porcentaje de veces que se ha nombrado el mismo respecto de la cantidad de alumnos entrevistados, y define las mejores y peores características del sistema. En la Tabla 31 se muestran las mismas junto con su porcentaje de citación y su puntuación media obtenida:

Tabla 31 Puntuaciones del método Bipolar Laddering en FP

GG ASPECTOS POSITIVOS	%	M	M	%	GG ASPECTOS NEGATIVOS
Facilita la comprensión del contenido	46,66	3,96	2,70	46,66	Obtención de Modelos 3D compleja
Tecnologías usadas	16,66	1,40	1,16	20,00	Imagen se congela, tiempla
Facilidad de uso	16,66	1,40	0,66	10,00	Ningún aspecto negativo destaca
Elemento innovación	13,33	1,00	0,53	10,00	Lentitud en los equipos informáticos
Presentación de proyectos futuros	6,66	0,60	0,16	3,33	Cansancio visual
Versatilidad, atención personalizada	6,66	0,50			

Ejemplos de comentarios positivos relacionados:

- Opiniones positivas del GG:

- *“Me ha encantado mucho los modelos 3D en Realidad Aumentada. Se ve muy gráficamente y con la ayuda del profesor se comprende muy bien”.*
- *“A la hora de entender los conceptos se hace más rápido. ... Puedes entender la explicación del profesor con una mejor visión que en 2D”.*
- *“Atractivo, se visualizan mejor los ejercicios a la hora de realizarlos”.*
- *“... te ofrece varias perspectivas del objeto por lo que es más fácil de analizar y comprender”.*
- *“Me ha parecido muy interesante y me ha ayudado mucho a comprender en gran medida todos los ejercicios propuestos”.*
- *“Es una cosa que nunca había trabajado, una cosa nueva e interesante que se puede utilizar para muchas cosas y que llama la atención a los que nunca lo han visto”.*
- *“Entretenido. Porque de esta manera se sale de la rutina constante de la simple explicación del profesor”.*
- *“Porque me ha ayudado, de cara al futuro, para presentar un proyecto”.*
- *“Disponibilidad de modelos para importar realizados por otros usuarios”.*
- *“Porque cada persona individualmente puede tener su propio modelo y manipularlo”.*

- Opiniones negativas del GG:

- *“Es complejo de elaborar y necesita bastante tiempo”.*
- *“Necesidad de equipos potentes para reducir el tiempo de proceso”.*
- *“Aunque sea trabajoso porque no salen las cosas... cuando salen esta todo perfecto y hay una satisfacción muy confortable”.*

- *“Porque a veces se queda pillado el ordenador o la cámara”.*
- *“Visibilidad. La imagen a veces se congelaba”.*
- *“La imagen tiembla en la Realidad Aumentada”.*
- *“Los métodos empleados han sido excelentes, todos son aspectos positivos”.*
- *“Nada que reseñar negativamente de esto”.*
- *“No hay nada respecto al 3D que no me guste”.*
- *“En SketchUp, si el modelo pesa bastante, tarda en abrir”.*
- *“Algunos ordenadores van muy lentos para la Realidad Aumentada”.*
- *“Cansa la vista cuando se utiliza mucho tiempo”.*

Como **aspectos positivos** se señala, como elemento más destacable, la ayuda que prestan los modelos 3D, tanto a la hora de interpretar las explicaciones, ya que es más fácil y rápido de entender los conceptos, como la resolución de los ejercicios y de las dudas, puesto que es más fácil de analizar y comprender los elementos representados, ya que pueden ser observados desde diferentes perspectivas. (3,96)

Por otro lado, se subraya a los programas como elementos reseñables por su facilidad de uso, agilidad, novedad y motivación. (1,40)

En otros comentarios es donde se recalca su innovación, ya que con la incorporación de los mismos a las clases, éstas se hacen más llevaderas, interesantes y se salen de lo cotidiano. (1,00)

Finalmente, se destacan las distintas tecnologías, (1,40) y las posibles prestaciones que puede tener la aplicación de estos programas en un futuro profesional a la hora de presentar proyectos, (0,60) y la versatilidad de los programas (0,50), puesto que se pueden usar otros modelos 3D creados por otros usuarios colgados en internet y que cada persona puede tener su modelo en clase con una atención personalizada.

Como **elementos negativos** sobresale lo laborioso, difícil y complejo del proceso de la obtención de los modelos 3D. Procedimiento que requiere mucho tiempo para obtener los modelos con éxito, (2,70). Por ello, reclaman más explicaciones en esta línea y equipos más potentes (0,16), que hagan que los programas no den tantos problemas, y se queden colgados obteniéndolos o visualizándolos, porque a veces la imagen se quedaba congelada o temblaba (1,16), lo que provoca, a veces cansancio visual cuando hay un uso continuado (0,16).

Hay que reseñar también, que el alumnado ha matizado en algunos comentarios de esta parte, que no había nada que realzar negativamente, que no les había disgustado ningún aspecto como recalable y que todos los puntos eran positivos, (0,66).

4.11. Cuarta pregunta de investigación

Q4. ¿Cuál es la valoración cuantitativa realizada por el alumnado sobre los modelos 3D y su comparativa con los métodos tradicionales?

Las siguientes cuestiones pretenden reforzar los datos obtenidos en el apartado anterior para conocer mejor las ventajas e inconvenientes del uso de los modelos tridimensionales frente a las clases tradicionales.

4.11.1. Usabilidad

El primer bloque lo forman 10 preguntas Likert de 5 puntos, relativas a la usabilidad de los modelos 3D usados, según la normativa ISO 9241-210 y la ISO/IEC 25000, Tabla 32, abarcando las tres componentes de la usabilidad: eficacia, eficiencia y satisfacción. Se ha realizado un planteamiento de la usabilidad de los modelos 3D **como material didáctico docente** que ayuda en la comprensión de los conocimientos, de la relación entre lo representado en 2D y la imagen tridimensional formada y de la mejora de la capacidad de visualización espacial.

35 alumnos han contestado a estas preguntas, siendo necesario un mínimo de entre ocho y diez estudiantes para realizar evaluaciones fiables [295]. Por supuesto, como es lógico, a mayor número de muestras, más significativas son las conclusiones.

Las respuestas obtenidas han sido las siguientes:

I. USABILIDAD GENERAL

Tabla 32 Valoración sobre la Usabilidad del curso en FP

1. Valoración de la Usabilidad del curso (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)	
U01	El curso ofrece un contenido eficiente para la realización de las tareas propuestas.
U02	El curso me ha ayudado a comprender mejor los conceptos de la asignatura.
U03	Ahora comprendo mejor la representación de elementos tanto en 2D como en 3D.
U04	El curso me ayuda a interpretar lo representado en 2D.
U05	El curso ha mejorado mi capacidad para interpretar un plano o ejercicios en 2D.
U06	El curso ha mejorado mi capacidad para realizar un plano o ejercicio en 2D.
U07	Creo que el curso ha mejorado mis habilidades espaciales.
U08	El curso es una potente herramienta para mi desarrollo como estudiante.
U09	¿Recomendarías el uso del curso a otros compañeros?
U10	En términos generales: estoy satisfecho con el curso. (Valoración: 1-10)

Tabla 33 Resultados de la valoración general de la experiencia 3D en FP

	(GX N = 35)	Muy en desacuerdo		En desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
		U01	GG	0	0,0	1	2,9	3	8,6	17	48,6
U02	GG	0	0,0	1	2,9	4	11,4	17	48,6	13	37,1
U03	GG	0	0,0	0	0,0	3	8,6	19	54,3	13	37,1
U04	GG	0	0,0	1	2,9	1	2,9	19	54,3	14	39,9
U05	GG	0	0,0	1	2,9	3	8,6	13	37,1	18	51,4
U06	GG	0	0,0	1	2,9	4	11,4	14	40,0	16	45,7
U07	GG	0	0,0	0	0,0	8	22,9	15	42,8	12	34,3
U08	GG	0	0,0	1	2,9	5	14,3	16	45,7	13	37,1
U09	GG	0	0,0	2	5,7	4	11,4	14	40,0	15	42,9
U10	GG	0	0,0	1	2,9	4	11,4	13	37,1	17	48,6

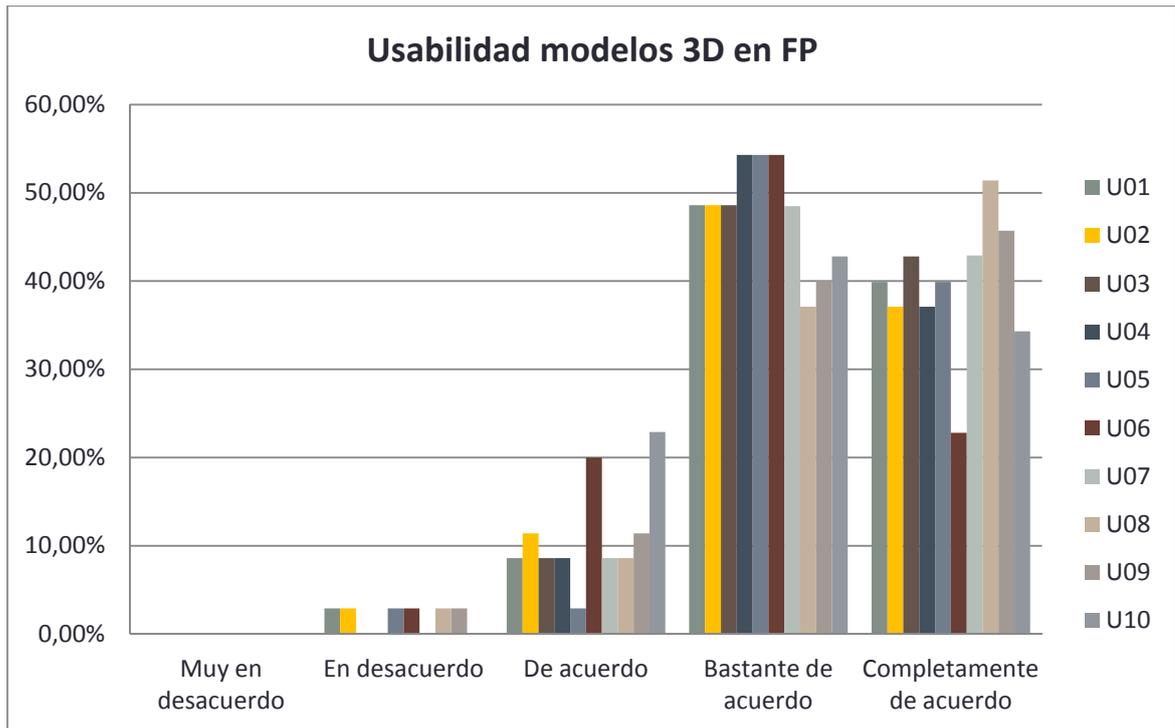


Fig. 121 Usabilidad modelos 3D en FP

Todas estas variables son las que han servido para obtener el parámetro de la usabilidad, teniendo en cuenta que cada variable posee el mismo peso al formar el valor final. El valor de fiabilidad de las mismas medido a través del coeficiente alfa de Cronbach ha sido 0,925, lo cual sugiere una alta fiabilidad. La usabilidad, por lo tanto, es una variable suma de todas las variables anteriores, pudiendo variar la misma entre un mínimo de 10 y un máximo de 55. Se pueden observar los estadísticos totales en la Tabla 33.

Las valoraciones relativas a la usabilidad para los modelos 3D han sido muy positivas ($M = 46,82$, $SD = 6,52$). Se ha procedido a la agrupación de los resultados, en cinco conjuntos similares: 10-19 Nada utilizable, 20-28 Poco utilizable, 29-37 Utilizable, 38-46 Bastante utilizable y 47-55 Muy utilizable. En la Tabla 34 y en la Fig. 122 se puede observar su representación gráfica.

Tabla 34 Estadísticos de Usabilidad en FP

Usabilidad		Inter. al 95%									
		M	SD	Error típico		Lím inf		Lím sup		Mín.	Máx.
USABILIDAD		46,82	6,52	1,10194		44,59		49,07		29	55
(GX N = 35)		Nada Utilizable 11-19		Poco Utilizable 20-28		Utilizable 29-37		Bastante Utilizable 38-46		Muy Utilizable 47-55	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	USABILIDAD	GG	0	0,0	0	0,0	3	8,6	12	34,3	20

Como puede observarse, más de la mitad de los encuestados ha definido los modelos 3D utilizados como muy utilizables para la práctica docente. Además, ninguno de ellos

considera a los mismos como un método nada o algo utilizable. De hecho, no se ha tenido ninguna contestación como muy en desacuerdo para las cuestiones preguntadas.

Se puede afirmar que se ha cumplido el fin que se quería, que era determinar si para los alumnos de FP los modelos 3D son adecuados para la práctica docente, siendo la valoración final media 46,82, Fig. 123, clasificándose dicha apreciación como Bastante utilizable.

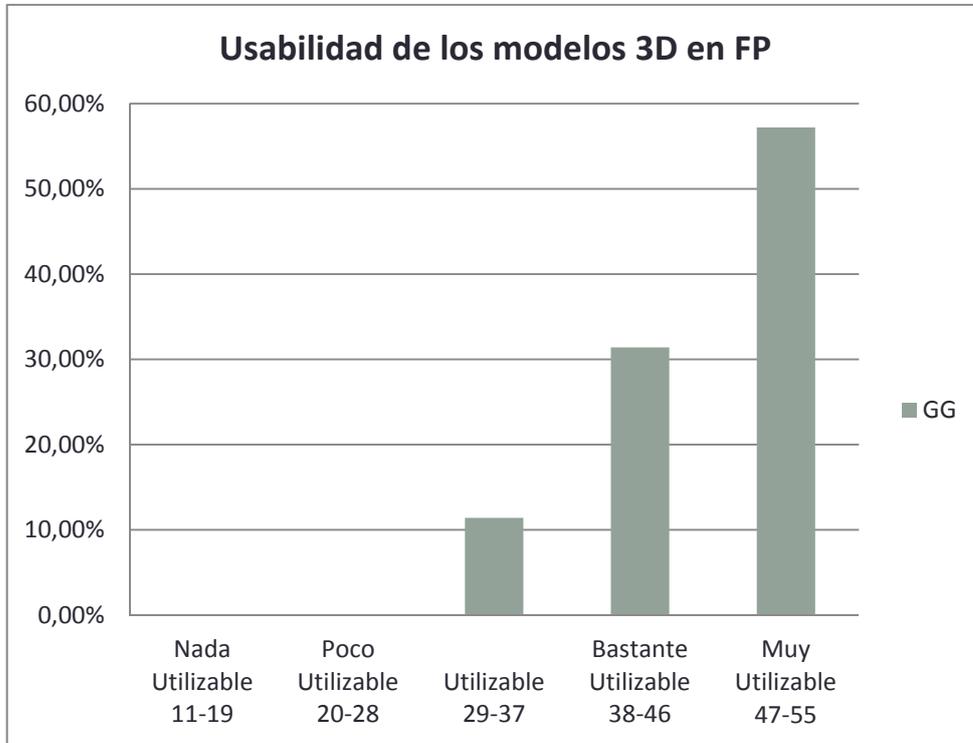


Fig. 122 Usabilidad del Método tridimensional en FP

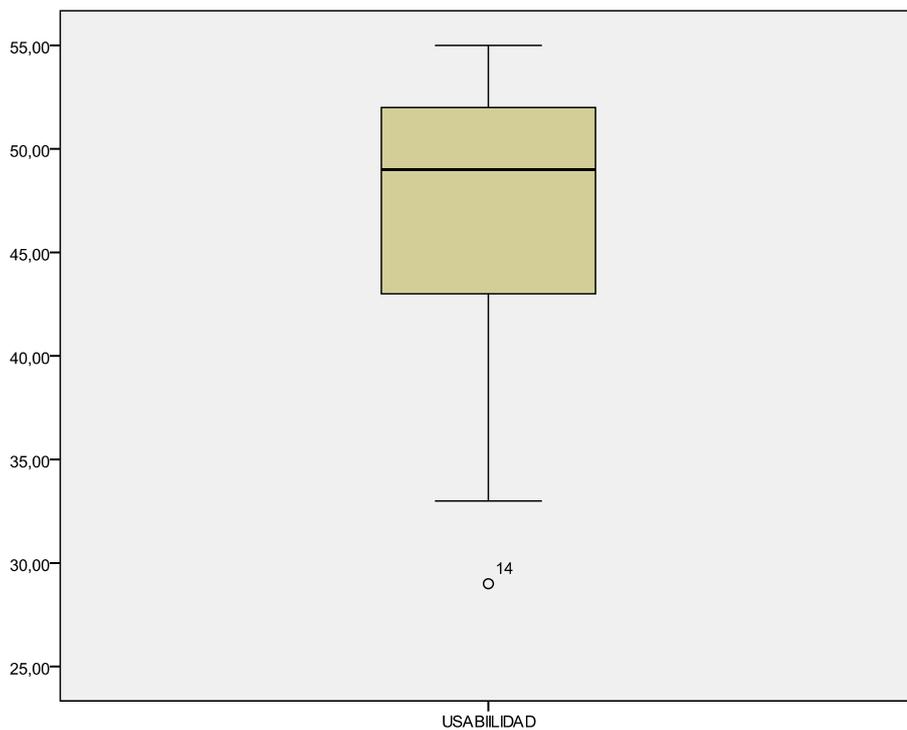


Fig. 123 Usabilidad de los modelos 3D en FP

4.11.2. Comparativa entre métodos

La segunda parte de este test, se compone de preguntas relativas a lo que prefiere el alumnado en cuanto a los elementos usados en el proceso de enseñanza aprendizaje respecto de los tradicionales, para observar si los nuevos elementos introducidos tienen una buena acogida. 30 alumnos respondieron a las preguntas. Véase Tabla 35 y Fig. 124.

II. METODOLOGÍA DE CLASE

Tabla 35 Métodos para explicar en clase en FP

1. Métodos para explicar la clase	GG	
	N	%
De viva voz sin dibujos	4	13,3
Fotografías/imágenes de presentaciones	15	50,0
Con dibujos en la pizarra 2D	15	50,0
Con dibujos en la pizarra en perspectiva	14	46,7
Con modelos 3D SKP	21	70,0
RAF	16	53,3
RAM	3	10,0
PDF3D	22	73,3

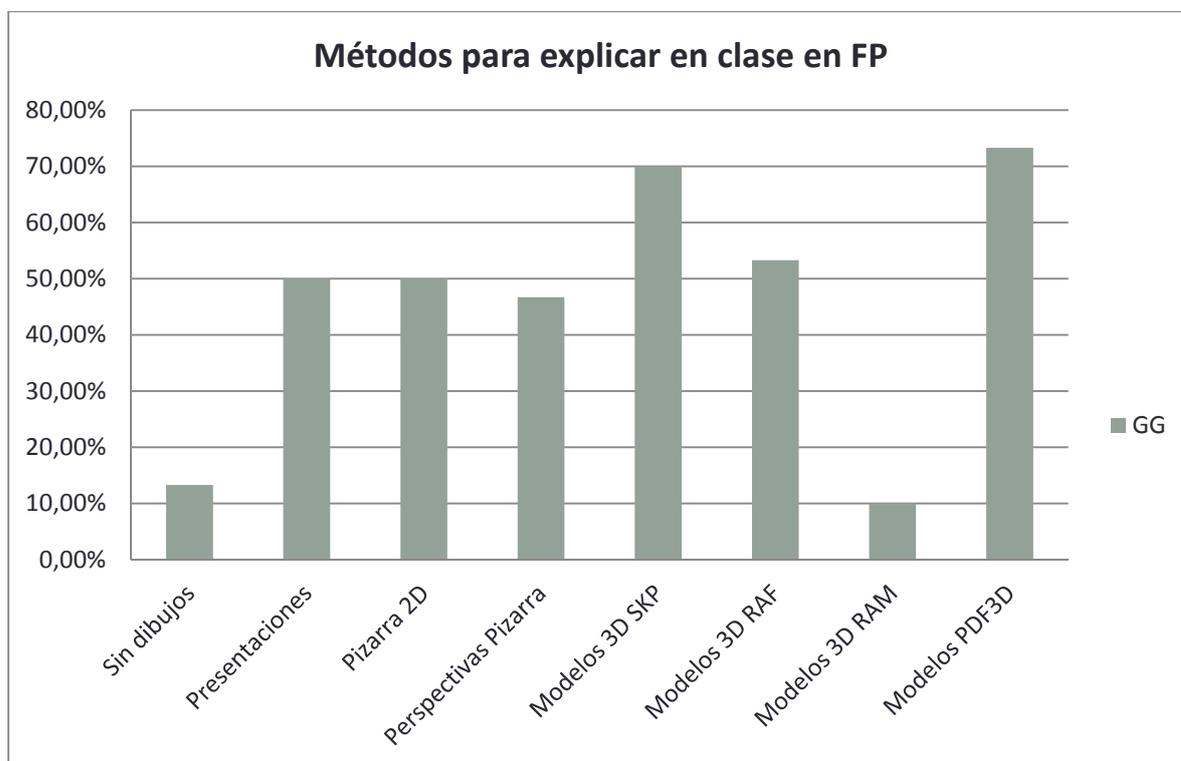


Fig. 124 Métodos para explicar en clase en FP

En relación a la **primera cuestión** relativa a los métodos utilizados para la explicación de la unidad, el alumnado podía seleccionar entre varias opciones posibles y responder si o no entre todas ellas.

Los seleccionados con mayor porcentaje son los modelos PDF3D (73,3%), seguidos de los modelos SKP (70,0%) y los modelos de RAF con un 53,3%. Valoraciones similares han obtenido las presentaciones (50,0%), los dibujos en pizarra (50,0%) y los dibujos en perspectiva (46,7%). Las peores puntuaciones reflejadas, parecidas entre sí, han sido para las explicaciones sin ningún apoyo (13,3%) y para la RAM (10,0%).

En relación a la **segunda pregunta**, referente a las herramientas que prefieren usar para entender las explicaciones y los ejercicios, son las explicaciones del profesor las más valoradas (73,3%). Le siguen las herramientas virtuales de observación de modelos 3D con unas valoraciones muy similares: SKP (60,0%), RAF (60,0%) y PDF3D (53,3%); además, también son bastante parecidas a las valoraciones de las maquetas (46,7%). Las valoraciones más pequeñas son para la pizarra (13,3%) y la RAM (0,0%).

Tabla 36 Métodos para comprender la clase en FP

2. Métodos para comprender la clase, explicaciones y ejercicios:		GG	
		N = 30	
		N	%
Explicaciones del profesor		22	73,3
Con dibujos 2D en la pizarra		4	13,3
Con modelos 3D	SKP	18	60,0
	RAF	18	60,0
	RAM	0	0,0
	PDF3D	16	53,3
Maquetas		14	46,7

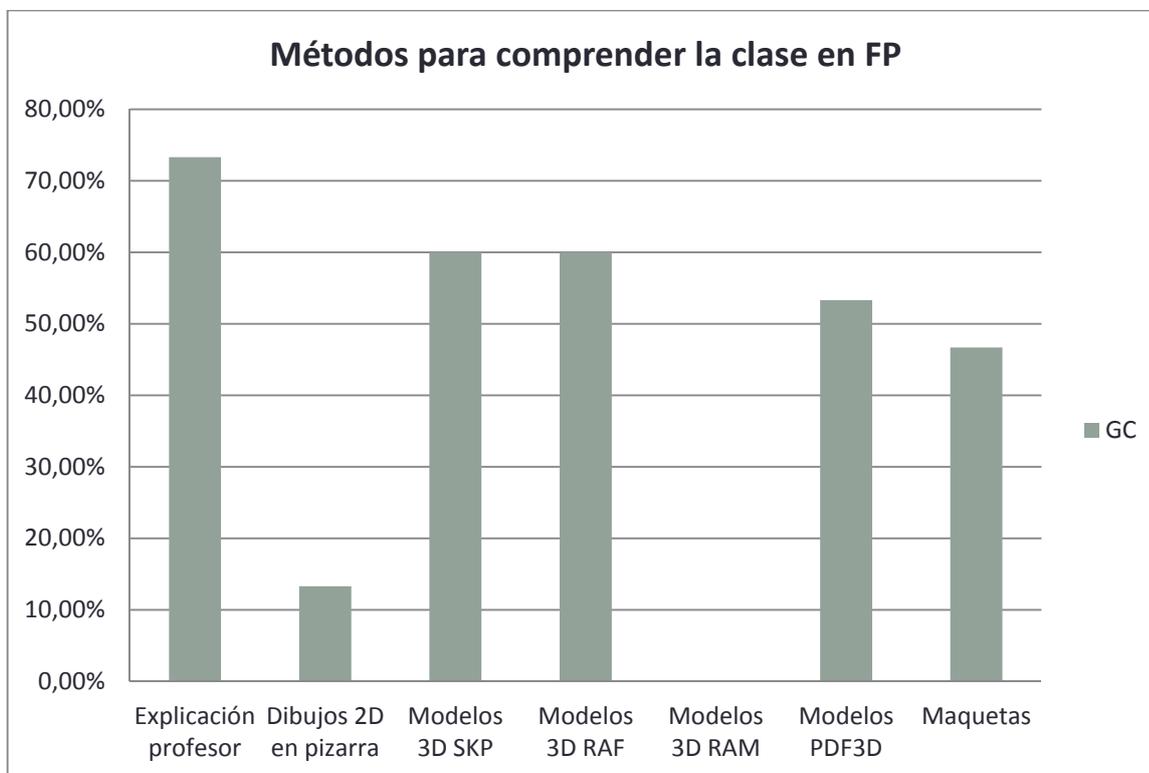


Fig. 125 Métodos para comprender la clase en FP

Las **preguntas tercera y cuarta**, son relativas a las preferencias en la realización de los ejercicios, en papel o en el ordenador y, con o sin, modelos 3D.

En cuanto a la realización de ejercicios los alumnos de formación profesional encuestados prefieren claramente realizar los ejercicios utilizando el formato digital (70,0%), frente a las otras dos opciones en formato papel (13,3%) o me es indiferente (16,7%).

De manera similar, aunque con menor rotundidad, el alumnado se manifiesta partidario del uso de los modelos 3D (66,7%), frente a la negativa de uso (20,0%) o la indiferencia (13,3 %).

Los gráficos que representan los datos numéricos y gráficos de este apartado son: la Fig. 126, la Fig. 127, la Tabla 37 y la Tabla 38.

Tabla 37 Papel vs Digital en FP

(GG N = 30)		En papel		En formato digital		Es indiferente	
		N	%	N	%	N	%
REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	GG	4	13,3	21	70,0	5	16,7

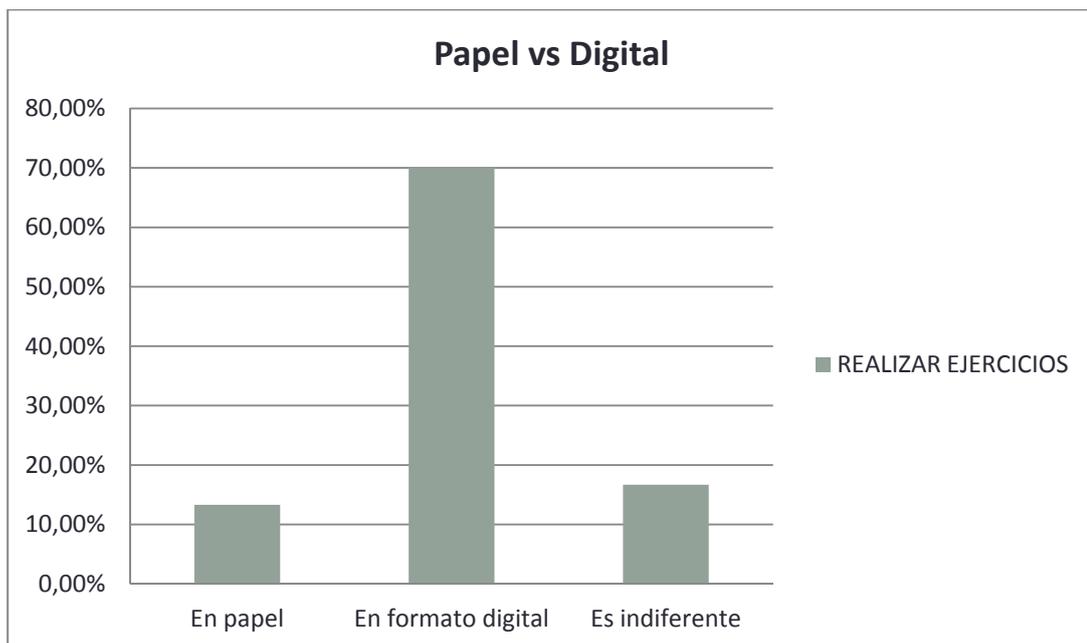


Fig. 126 Papel vs Digital en FP

Tabla 38 Con o sin Modelos 3D en FP

(GG N = 30)		Sin Modelos 3D		Con Modelos 3D		Es indiferente	
		N	%	N	%	N	%
REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	GC	6	20,0	20	66,7	4	13,3

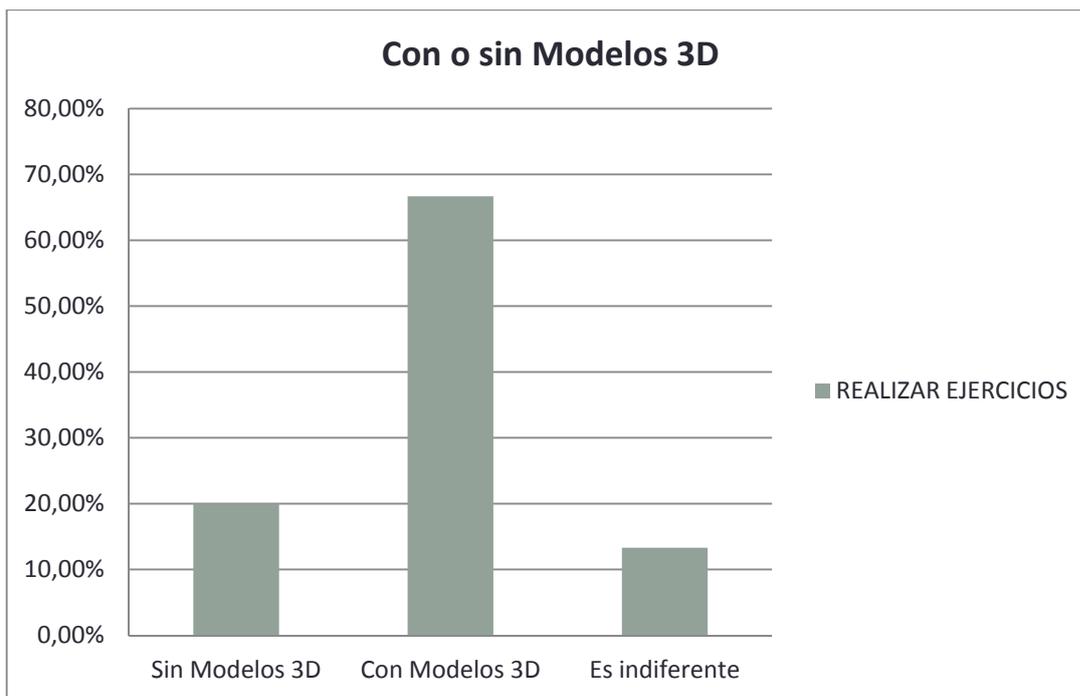


Fig. 127 Con o sin Modelos 3D en FP

A la **pregunta quinta** sobre la recomendación del uso de modelos 3D en cursos venideros para la explicación de los ejercicios de la asignatura, todos los alumnos encuestados, 30, han respondido afirmativamente. Tabla 39 y Fig. 128.

Tabla 39 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos en FP

5. ¿Recomendarías el uso de Modelos 3D para explicar los ejercicios de la asignatura para cursos próximos?	GX
	N = 30
SI	100,0
NO	0,0

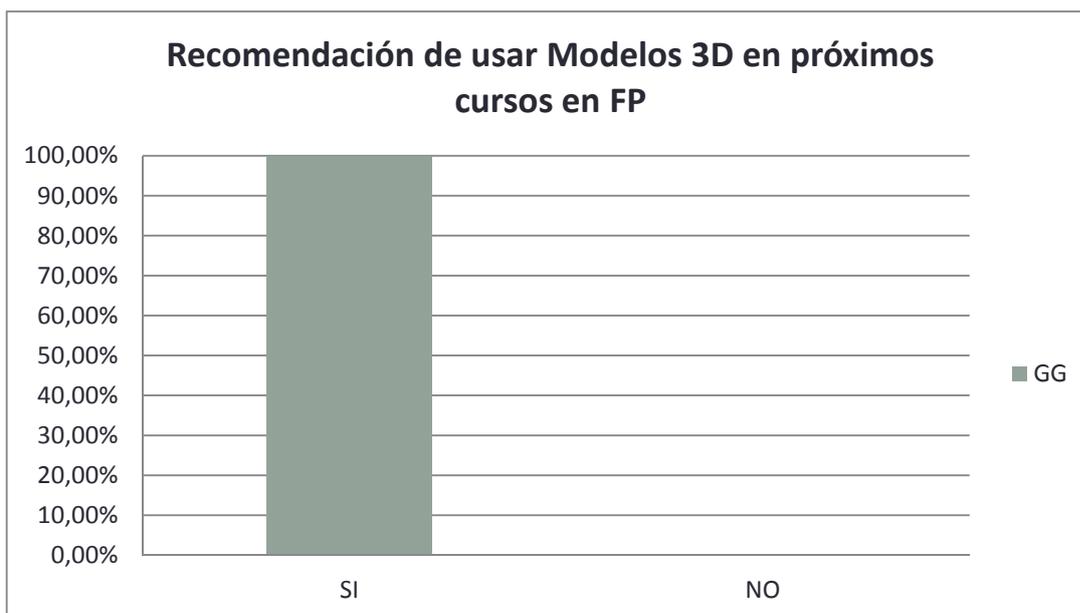


Fig. 128 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos en FP

Hay que señalar, que sobre el uso de los modelos 3D el 100,00% de los encuestados recomendaría el uso de modelos 3D para explicar los ejercicios de la representación de terrenos y movimientos de tierras para cursos próximos. Algunas de sus respuestas han sido:

- *“Es una manera sencilla y rápida de visualizar la explicación”.*
- *“Con los modelos 3D se entiende mucho mejor la explicación y te ayuda a ver mejor el resultado”.*
- *“Se puede observar perfectamente las diferentes partes de lo que se está viendo y de una forma más cercana a la realidad”.*
- *“Te lo pone lo más real posible y a la hora de entenderlos no tienes que imaginar mucho mas aunque una desventaja diría yo que hace q tu cerebro no se esfuerce tanto”.*
- *“Se ve claramente lo que conseguimos al realizar el ejercicio y resulta más fácil a la hora de resolverlo”.*
- *“Te proporciona una mayor percepción del elemento a estudiar, siendo más real y más fácil de entender”.*
- *“Aunque yo no soy muy amigo de la tecnología, se entiende todo mucho mejor, y lo más importante, mucho antes”.*
- *“Son más intuitivos y se puede ver la figura por todos sus lados”.*
- *“Entiendes mejor los conceptos de terraplén y desmonte, al igual que a la hora de ver el plano topográfico con las curvas de nivel... Es más fácil comprender el concepto”.*
- *“Así se ve claramente lo que el profesor quiere explicar y como es en la realidad”.*
- *“Porque el uso de modelos en 3D te da una cercanía y una manipulación para comprender la dificultad del terreno que se observa y hace que tú mismo encuentres las respuestas a las dudas que has tenido en una primera impresión”.*
- *“Sirven para observar mejor los detalles del terreno, pero también quita tiempo el hecho de tener que utilizarla, colocar la cámara web en tu casa y ponerte a trabajar. Solo le veo esa pega”.*
- *“La única desventaja es que a veces el programa falla y es necesario reiniciarlo”.*
- *“Da mucho saltos la Realidad Aumentada”.*
- *“En la Realidad Aumentada en el móvil los modelos no se veían muy bien”.*
- *“Tarda en cargar y a veces se queda pillado”.*
- *“A veces el programa puede congelarse pero generalmente va bien”.*
- *“Creo que son todo ventajas”.*
- *“Es una ventaja a la hora de presentar los proyectos porque puedes enseñar una idea de cómo podrá quedar. La desventaja podría ser que a la hora de hacerlo los programas pueden dar un poco de trabajo”.*
- *“Motivación en general por cambiar la forma de enseñar, cuando siempre es monótono en la mayoría de las asignaturas”.*
- *“Muy buena la experiencias son casi todo ventajas el único problema que a mí me produce es que me mareo si la utilizo mucho tiempo”.*
- *“Ventaja: Facilidad para ver el trabajo ""en la realidad"" Desventaja: No se trabaja la visualización mental en 3D de un plano representado en 2D”.*
- *“Ventajas: A la hora de las explicaciones ofrece un mejor entendimiento de la materia. Desventajas: A veces el dibujo puede quedarse congelado”.*

4.12. Quinta pregunta de investigación

Q5. ¿Cuál es la acogida de los modelos virtuales 3D por parte de los alumnos de FP? ¿Prefieren los alumnos del GG alguna herramienta de visualización específica?

En este caso se realiza una valoración del grado de aceptación de los modelos 3D desde el punto de vista de la usabilidad. Así, estos modelos se conciben como **elemento utilizado por el alumno** complementario al resto de materiales aportados para la realización de actividades, como elemento que tutoriza y monitoriza el aprendizaje.

Con el objetivo de realizar la valoración de la aceptación de los modelos 3D en general, y la concreción por la predilección por alguna de las herramientas de visualización, los alumnos del gran grupo GG, han contestado a unas preguntas de un cuestionario *ad hoc* Likert 5 puntos agrupadas por apartados. El primero de ellos referente a la valoración de la aceptación de la experiencia en general y el siguiente de la percepción de cada una de las tecnologías en particular. Además se desea saber, por otro lado, si se han visto diferencias entre ellas. El cuestionario se compone de dos bloques y una pregunta suelta final.

I. ACEPTACIÓN DEL USO DE LOS MODELOS 3D EN GENERAL

Tabla 40 Valoración de la aceptación general de la experiencia 3D en FP

1. Valoración de la aceptación general de la experiencia con los modelos 3D (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)	
VG01	Con los modelos 3D, ningún contenido adicional era necesario mientras estudiaba. Se entiende sin necesidad de aclaraciones por parte del profesor.
VG02	Con la representación 3D y con el manejo de los modelos es más fácil de entender los conceptos relacionados.
VG03	Todo me queda muy claro cuando veo los modelos 3D, para poder realizar los problemas planteados.
VG04	Los modelos 3D me han ayudado, en casa a realizar o entender los ejercicios de representación en Expresión Gráfica usándolo por mí mismo.
VG05	El uso de los modelos 3D hacen más interesante, divertido y atrayente la tarea a realizar, que si no lo hubiera usado.
VG06	Los modelos 3D me va a ayudar a la realización de un mejor examen, que si no lo hubiera usado
VG07	La incorporación de nuevas tecnologías como el uso de modelos 3D en las prácticas de la asignatura ha sido una propuesta interesante.

Primero se va a abordar la evaluación de la aceptación de los modelos 3D de manera general. 29 alumnos del GG han contestado a 7 preguntas Likert escala 1-5, Tabla 40. El valor de la fiabilidad ha sido alto, α de Cronbach igual a 0,809. En la Tabla 41 y en la Tabla 42 pueden observarse los datos encontrados.

Tabla 41 Resultados de la valoración general de la experiencia 3D en FP

	(GX N = 35)	Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
VG01	GX	3	10,3	5	17,2	11	38,0	8	27,6	2	6,9
VG02	GX	1	3,4	0	0,0	2	7,0	13	44,8	13	44,8
VG03	GX	0	0,0	1	3,4	6	20,7	13	44,8	9	31,1
VG04	GX	1	3,4	1	3,4	8	27,6	12	41,4	7	24,2
VG05	GX	1	3,4	0	0,0	1	3,4	16	55,2	11	38,0
VG06	GX	1	3,4	1	3,4	7	24,1	12	41,4	8	27,7
VG07	GX	0	0,0	0	0,0	0	0,0	14	48,3	15	51,7

Se ha agrupado a todas las variables anteriores en una sola. El rango de puntuaciones final se puede mover entre un mínimo de 7 y un máximo de 35. La agrupación se ha realizado en cinco grupos, similar a las posibilidades de contestación, y en función de la puntuación obtenida, siendo: 7-12 Nada Satisfecho, 13-18 Poco Satisfecho, 19-24 Satisfecho, 25-30 Bastante Satisfecho y 31-35 Muy Satisfecho, Tabla 42 y Fig. 130. Las puntuaciones oscilaron entre 14 y 35, (M = 27,78, SD = 4,24).

La acogida mostrada por los alumnos de FP ha sido buena, mostrándose satisfechos de una manera general el 96,5% de los encuestados. La media del grupo sobre el 35 total, es 27,78, corresponde con bastante satisfecho.

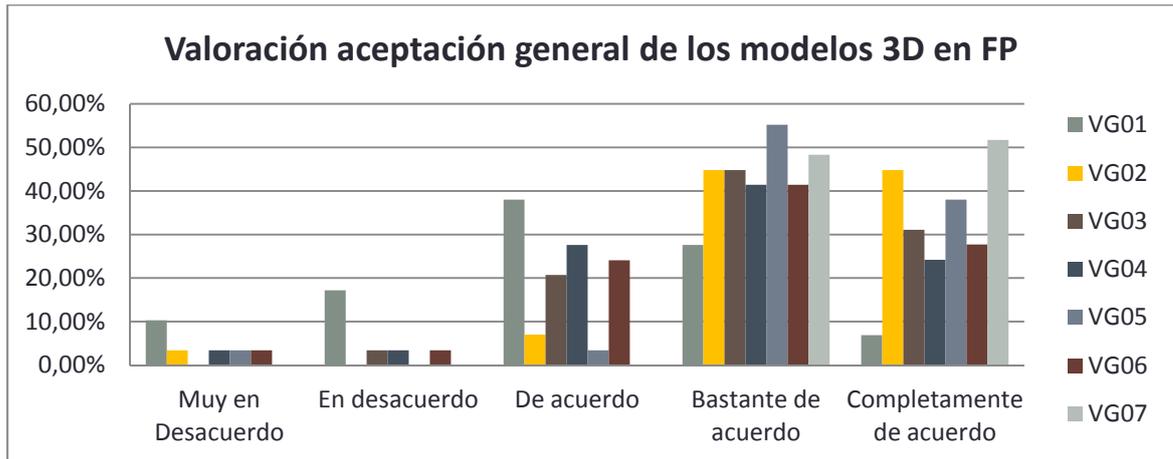


Fig. 129 Valoración aceptación general de los modelos 3D en FP

Tabla 42 Aceptación general de las Herramientas de Visualización en FP

Aceptación general de las Herramientas de Visualización											
Inter. al 95%											
		M	SD	Error típico		Lím inf	Lím sup	Mín.	Máx.		
ACEPTACIÓN GENERAL		27,78	4,24	0,78730		26,15	29,37	14,0	35,0		
(GG N = 29)		Nada Satisfecho 7-12		Poco Satisfecho 13-18		Satisfecho 19-24		Bastante Satisfecho 25-30		Muy Satisfecho 31-35	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
ACEPTACIÓN USO 3D	GG	0	0,0	1	3,4	5	17,2	16	55,3	7	24,1

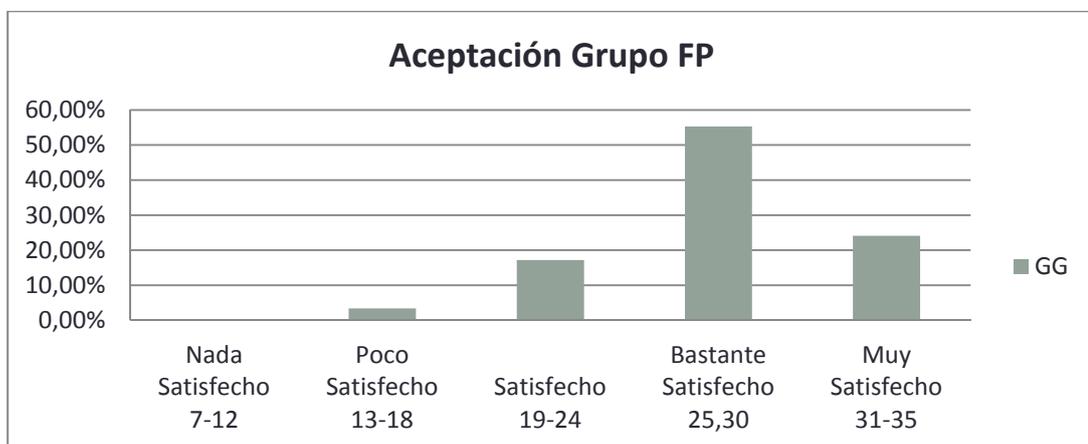


Fig. 130 Representación aceptación general herramientas de visualización en FP

4.12.1. Preferencia entre las tres herramientas

La percepción del software específico en relación a las propiedades de usabilidad, es decir, la valoración como herramienta usable en el procedimiento enseñanza aprendizaje gracias a la efectividad, eficiencia y satisfacción producida por su uso en relación a las otras conocidas es lo que se expone en este apartado.

La comparación de las tres herramientas es lo que se ha buscado en el conjunto de preguntas del **segundo bloque**, que ha constado de 9 preguntas Likert 1-5. Se ha repetido tres veces; una vez con cada una de las herramientas de visualización usadas. Tabla 43. 26 alumnos contestaron a las preguntas de la valoración de la Realidad Aumentada, 16 a las de PDF3D y 19 a las de SKP. Los resultados se reflejan en la Tabla 44 y en la Fig. 131, en la Fig. 132 y en la Fig. 133.

II. VALORACIÓN PARTICULAR DE CADA UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN

Tabla 43 Valoración de cada una de las Herramientas de visualización en FP

1. Valoración particular de cada una de las herramientas de visualización (SKP, RAF, RAM) (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)

VP01	Visualización adecuada de las figuras 3D sin problemas de definición: la apariencia del material y la calidad de los gráficos de los modelos 3D está muy bien.
VP02	La visualización es estable. (No se congela).
VP03	Ninguna imagen parpadea, no se produce “saltos de imagen”, al manipular los objetos virtuales.
VP04	Es rápida. Se ve en la imagen lo que deseo al instante. No hay retardo en la pantalla de la imagen virtual.
VP05	Es fácil, cómodo, familiar, al manejar el modelo 3D para aprender.
VP06	El tamaño era adecuado para visualizar lo que deseaba. El formato de los modelos era el correcto.
VP07	Me deja las manos libres para realizar el ejercicio a la vez que lo visualizo. Me permite observar el elemento y realizar el ejercicio a la vez.
VP08	Puedo ver las distintas vistas rápidamente.
VP09	La tecnología de modelos 3D usada parece útil.

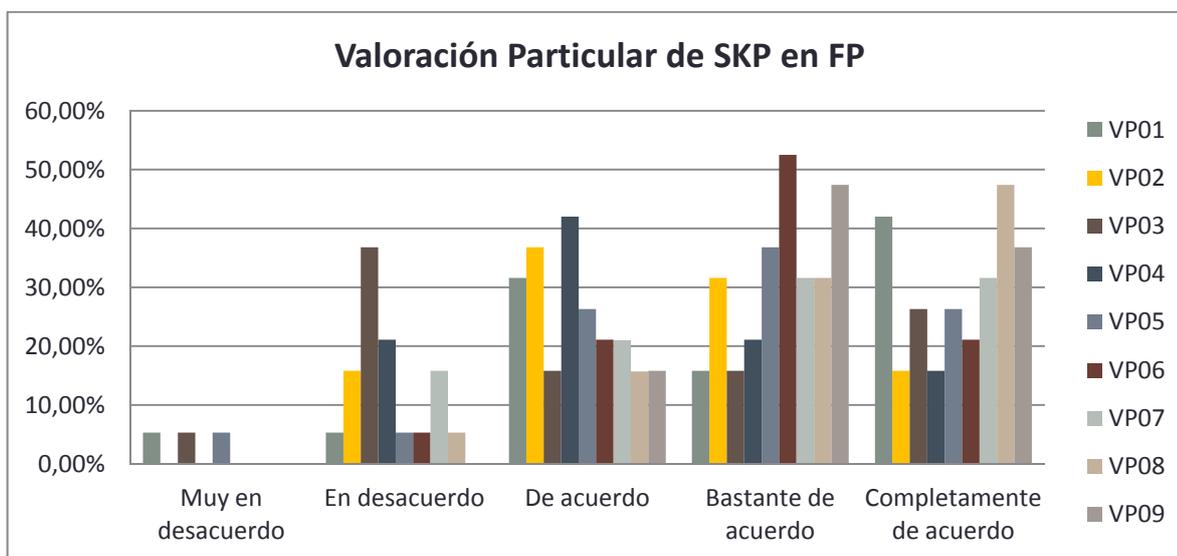


Fig. 131 Valoración particular de SKP en FP

Tabla 44 Valoración de las herramientas de visualización en FP

	(SKP N = 19) (RAF N = 26) (PDF3D N = 16)	Muy en desacuerdo		En desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
VP01	SKP	1	5,3	1	5,3	6	31,6	3	15,8	8	42,0	7,530	0,023*
	RAF	1	3,8	1	3,8	6	23,2	13	50,0	5	19,2		
	PDF3D	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	43,8	9	56,2		
VP02	SKP	0	0,0	3	15,8	7	36,8	6	31,6	3	15,8	2,368	0,306
	RAF	2	7,7	5	19,2	8	30,8	7	26,9	4	15,4		
	PDF3D	1	6,3	0	0,0	5	31,3	6	37,4	4	25,0		
VP03	SKP	1	5,3	7	36,8	3	15,8	3	15,8	5	26,3	1,196	0,550
	RAF	3	11,5	4	15,4	8	30,8	5	19,2	6	23,1		
	PDF3D	1	6,3	0	0,0	6	37,5	6	37,5	3	18,7		
VP04	SKP	0	0,0	4	21,1	8	42,0	4	21,1	3	15,8	1,196	0,562
	RAF	1	3,8	3	11,5	11	42,4	8	30,8	3	11,5		
	PDF3D	0	0,0	2	12,5	5	31,3	6	37,4	3	18,8		
VP05	SKP	1	5,3	1	5,3	5	26,3	7	36,8	5	26,3	2,295	0,317
	RAF	1	3,8	1	3,8	6	23,1	11	42,4	7	26,9		
	PDF3D	0	0,0	0	0,0	1	6,3	10	62,4	5	31,3		
VP06	SKP	0	0,0	1	5,3	4	21,1	10	52,5	4	21,1	1,062	0,588
	RAF	1	3,8	1	3,8	6	23,2	15	57,7	3	11,5		
	PDF3D	0	0,0	0	0,0	4	25,0	8	50,0	4	25,0		
VP07	SKP	0	0,0	3	15,8	4	21,0	6	31,6	6	31,6	1,906	0,386
	RAF	3	11,5	0	0,0	6	23,1	11	42,3	6	23,1		
	PDF3D	0	0,0	0	0,0	3	18,8	7	43,8	6	37,4		
VP08	SKP	0	0,0	1	5,3	3	15,7	6	31,6	9	47,4	3,445	0,179
	RAF	1	3,8	3	11,5	2	7,7	11	42,4	9	34,6		
	PDF3D	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	43,8	9	56,2		
VP09	SKP	0	0,0	0	0,0	3	15,8	9	47,4	7	36,8	1,014	0,602
	RAF	0	0,0	0	0,0	3	11,5	13	50,0	10	38,5		
	PDF3D	0	0,0	0	0,0	1	6,3	7	43,7	8	50,0		

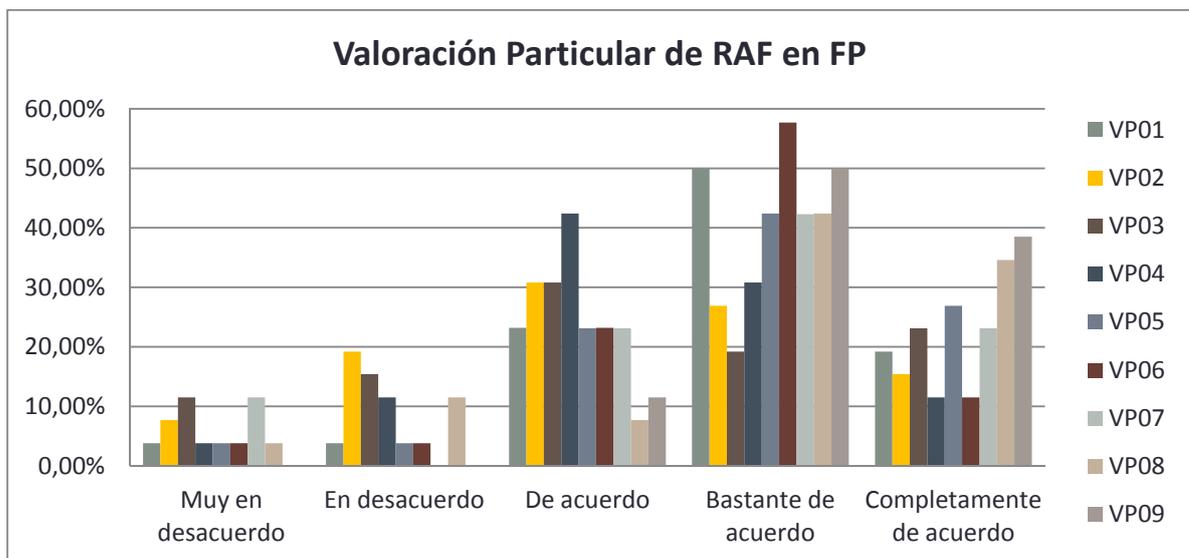


Fig. 132 Valoración particular de RAF en FP

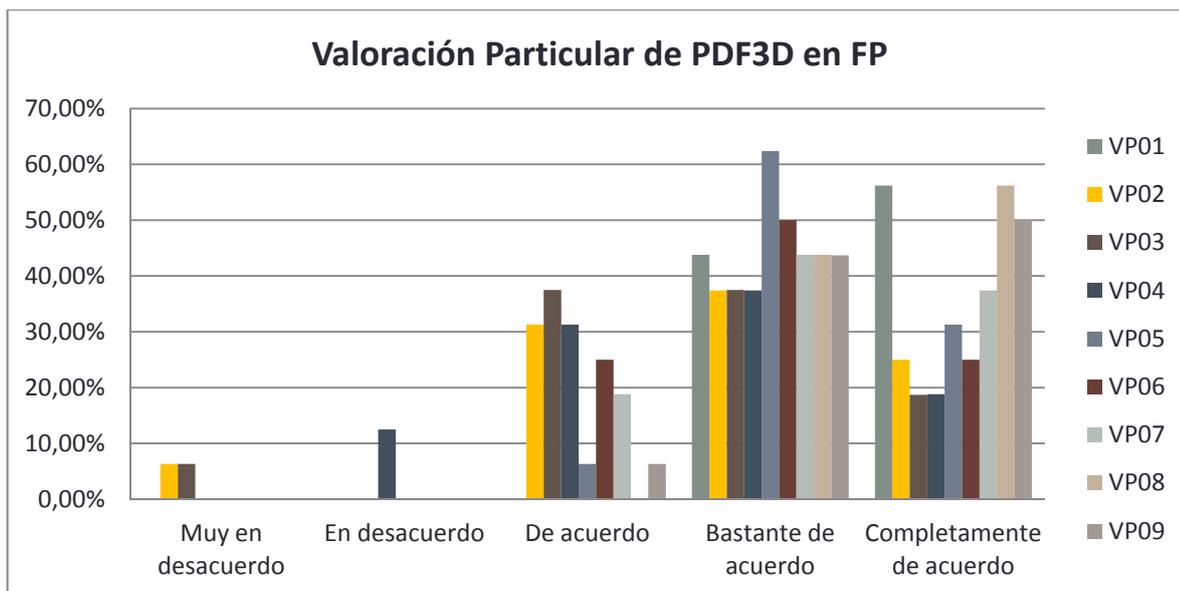


Fig. 133 Valoración particular de PDF3D en FP

Se ha realizado el cálculo de una nueva variable obtenida de la suma de los datos obtenidos para las nueve preguntas anteriores como valor final de la evaluación de cada una de las herramientas de visualización utilizadas en FP, para su comparativa. Respecto de las mismas, se ha obtenido un valor de α de Cronbach 0,875, lo que le confiere un valor de fiabilidad alto.

Se han obtenido valoraciones positivas para las tres herramientas. Las puntuaciones para las tecnologías usadas: SKP (M = 33,68, SD = 6,19), RAF (M = 33,00, SD = 7,00) y PDF3D (M = 37,00, SD = 4,41). Los valores podían oscilar entre 9 y 45, como mínimo y como máximo, respectivamente. En la Tabla 45 se reflejan estadísticos totales. Se procedió a la agrupación de los resultados de las percepciones de los alumnos respecto de las nuevas tecnologías de uso en cinco grupos, al igual que las posibilidades de respuesta: 9-15 Nada Satisfecho, 16-23 Poco Satisfecho, 24-30 Satisfecho, 31-38 Bastante Satisfecho y 39-45 Muy Satisfecho.

Tabla 45 Percepción de las Herramientas de Visualización en FP

1. Percepción de cada una de las Herramientas de Visualización (SKP, RAF, PDF3D)													
Intervalo confianza media al 95%													
	M	SD	Error típico		Límite inferior		Límite superior		Mínimo	Máximo			
SKP	33,68	6,19	1,42051		30,6998		36,6686		20,00	45,00			
RAF	33,00	7,00	1,37225		30,1738		35,8262		11,00	45,00			
PDF3D	37,00	4,41	1,10303		34,6490		39,3510		28,00	43,00			
(SKP N = 19) (RAF N = 26) (PDF3D N = 16)	Nada Satisfecho 9-15		Poco Satisfecho 16-23		Satisfecho 24-30		Bastante Satisfecho 31-38		Muy Satisfecho 39-45		χ^2	p	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%			
SKP	GX	0	0,0	1	5,2	4	21,1	10	52,6	4	21,1		
RAF	GX	1	3,8	1	3,8	4	15,4	15	57,7	5	19,3	4,969	0,083
PDF3D	GX	0	0,0	0	0,0	1	6,3	9	56,3	6	37,4		

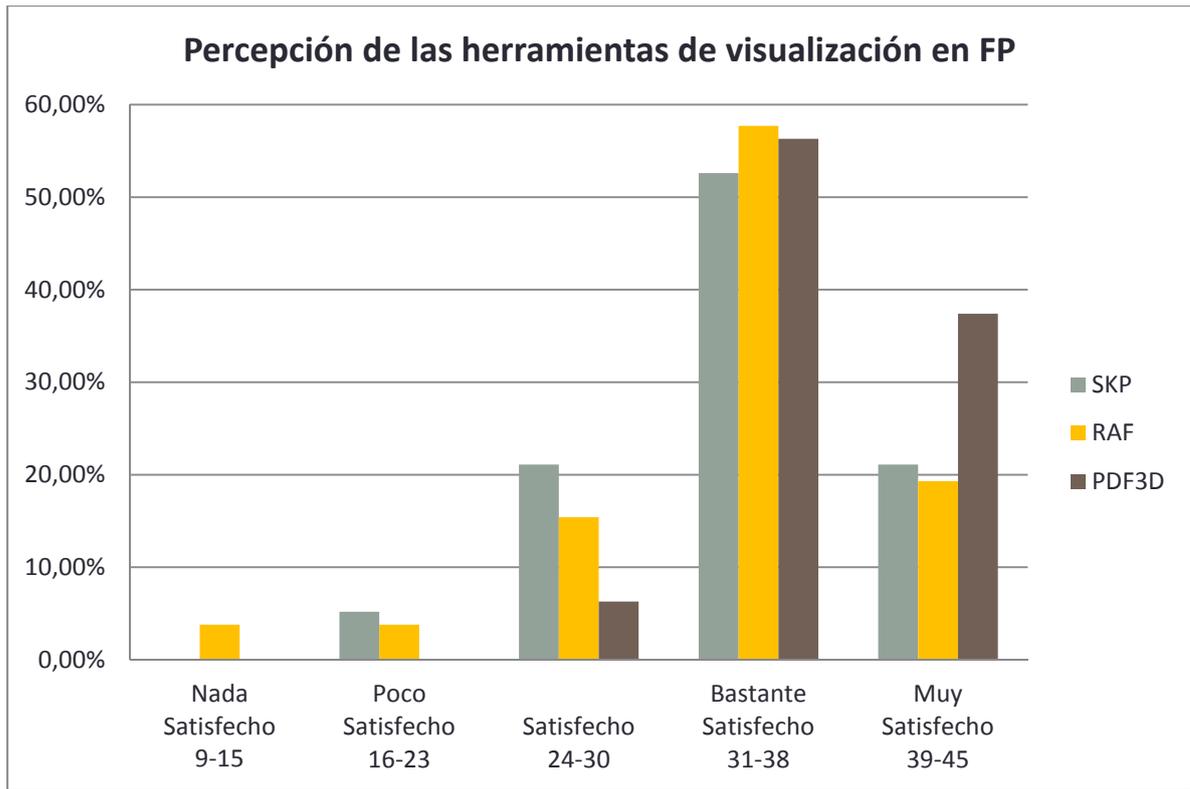


Fig. 134 Datos de la percepción de las herramientas de visualización en FP

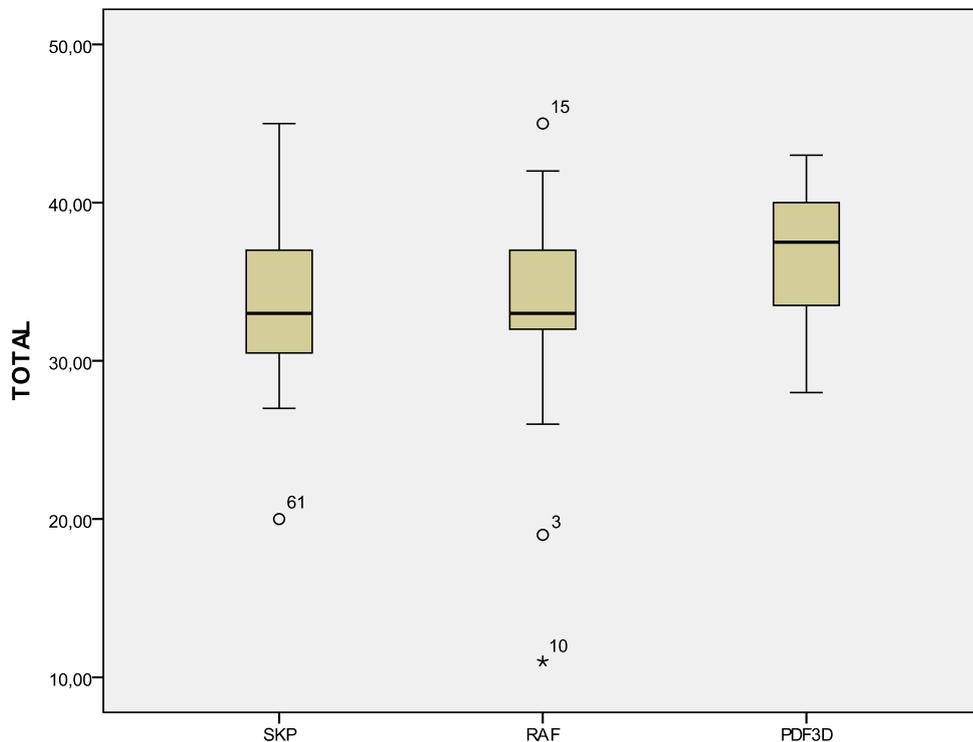


Fig. 135 Puntuación percepción herramientas de visualización FP

Los datos resumen de la pregunta calculada se representa en la Fig. 134 y en la Fig. 135. Se puede reseñar respecto de la percepción que tienen los alumnos respecto de las distintas herramientas propuestas, que tan sólo un encuestado está nada satisfechos con las tecnologías 3D usadas. Los valores medios obtenidos para todas las herramientas de

visualización son similares a bastante satisfecho. Se puede comentar que están Bastante o muy satisfechos, los siguientes porcentajes: SKP, (73,7%); RAF (77,0%) y SKP (93,7%).

La prueba de Shapiro-Wilks determinó que no cumple el supuesto de Normalidad. La prueba de Kruskal-Wallis reveló que no existieron diferencias significativas entre las valoraciones de las tecnologías evaluadas ($\chi^2 = 4,969$ $p = 0,083 > 0,05$).

Seguidamente la **pregunta** realizada en este bloque se refería a las diferencias observadas entre las diferentes herramientas de visualización de modelos 3D. Tras una respuesta afirmativa o negativa se debía explicar la respuesta, Tabla 46.

Tabla 46 Diferencias entre las herramientas de visualización en FP

2. Respecto de lo observado con todos los modelos usados en clase, has visto alguna diferencia notable entre la representación 3D presentada por RA, PDF3D o en SKP	GX N = 29
	%
SI	43,8
NO	56,3

El grupo entrevistado ha manifestado que no (56,3%) observan muchas diferencias entre las herramientas de visualización utilizadas para ver los modelos 3D utilizados, de hecho incluso los que manifiestan que existen diferencias admiten que son pequeñas y se consigue con ellos entender lo que se visualiza. Se destaca la rapidez y que se puede medir en SKP, el dinamismo del PDF3D y se destaca que se podría mejorar en el manejo y apariencia de todos los sistemas. Sus opiniones fueron:

- *“Los tres son muy útiles y van al mismo fin de entender lo que se visualiza”.*
- *“Existen pequeñas diferencias entre programas aunque en general son parecidos”.*
- *“La Realidad Aumentada la giras tú físicamente aunque al fin y al cabo es como el PDF3D”.*
- *“En SketchUp puedo cambiar más rápido de perspectivas”.*
- *“Para mí el SketchUp es más accesible e intuitivo que los otros y es la base de trabajo”.*
- *“SketchUp es como un juego, ejemplo el de los SIMS. Entretiene más a mi gusto que los otros dos, lo dibujas y sabes lo que mide y demás. Lo prefiero aunque le falten texturas y calidad”.*
- *“El PDF3D es a través del ratón, es muy dinámico”.*
- *“En PDF3D creo que se ve mejor y no se va la imagen tanto como en Realidad Aumentada”.*
- *“Con la Realidad Aumentada no tienes las manos libres para hacer el ejercicio mientras lo visualizas, sin embargo con los demás sí”.*
- *“La Realidad Aumentada puede mejorar mucho ya que se producen saltos de imagen y parpadea, el PDF3D es muy útil para mí es el mejor y el SketchUp también está muy bien aunque podría mejorar el manejo que sea más sencillo”.*

4.13. Observaciones en clase en el tratamiento de sordos

La comunicación con alumnos sordos se realiza en clase utilizando las mismas ayudas antes indicadas de los modelos tangibles digitales y usando además el apoyo de un intérprete de signos que interpreta la información situándose entre el emisor y el receptor de la misma.

Esta posición intermedia hace que irremediamente el alumno sordo tenga que mirar tanto al profesor, como al intérprete para poder enterarse de lo que se le quiere transmitir,

además de tener que observar mientras tanto la tarea a realizar en dos dimensiones y en los modelos 3D, en caso de que se utilicen.

Hemos observado no obstante que en el caso de usar la realidad ampliada, ésta permite que el alumno sordo esté mirando la pantalla donde se refleja el modelo 3D, y el intérprete quede en un lado de la misma a la vez con lo que de un vistazo tiene controlado dos de los elementos necesarios para su comunicación. Así, mientras el alumno está manipulando el modelo 3D, ve al intérprete a través de la pantalla y puede lograr una comunicación más efectiva, véase Fig. 136 y Fig. 137,



Fig. 136 Uso de la RA con alumnos sordos



Fig. 137 Uso de PDF3D con alumnos sordos

Igualmente se puede hacer utilizando la cámara en visión de cámara normal y viendo los modelos en PDF3D o SketchUp, pero usando pantallas más pequeñas. También pueden usarse dos ordenadores.

La maqueta física, por su parte, presenta la ventaja de poder referirnos a ella físicamente a la hora de identificar entre ambos elementos un punto, una recta horizontal del terreno, de nivel o una intersección de planos. Estas indicaciones en el PDF3D, pueden indicarse mediante las directrices y en SketchUp de igual manera, pero más difícilmente en Realidad Aumentada. El elemento 3D parece que le da más consistencia a la comunicación.

Los comentarios realizados por el intérprete de la experiencia hacen referencia a que la comunicación ha sido más fluida para el alumno sordo. Sin embargo, comenta que en la interpretación siempre necesita ver la cara del alumno a quien está interpretando, por lo que al no verle la cara, le falta ese feedback de comunicación. Se considera que la experiencia ha sido muy interesante.

CAPÍTULO 5
CASO DE ESTUDIO Nº2

5. Caso de Estudio nº2

5.1. Introducción

En este apartado se va a describir la experiencia práctica que se ha llevado a cabo en un entorno universitario con modelos tridimensionales usando SKP, RAF y RAM, en las prácticas de una asignatura de primer curso de Expresión Gráfica en los estudios de Ingeniería tras haber realizado previamente el caso de estudio nº1 desarrollado en el capítulo 4.

5.2. Análisis DAFO

Con el análisis DAFO de la situación de partida que rodea el estudio se obtendrá un mapa de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades, en inglés SWOT (strengths, weaknesses, opportunities and threats), lo que permite definir una hoja de ruta posterior de las estrategias a seguir en el estudio.

Entre las **fortalezas y las debilidades** se quiere destacar los elementos internos existentes, (personal, infraestructura, procesos y productos), que favorecen o dificultan, la introducción de los modelos tridimensionales en el aula.

Fortalezas

- La motivación y experiencia del profesor.
- Que los alumnos tienen móviles adecuados, conocimientos y control ofimático para el dominio de nuevos programas informáticos.
- La infraestructura de hardware y las clases de informática que están bien dotadas.
- La innovación de los modelos 3D, por ser recursos visuales y participativos.
- Existencia de dos grupos similares donde poder evaluar la experiencia.
- Existencia de una plataforma virtual estable a usar para comunicación con los alumnos y evaluación del experimento.
- El apoyo del resto del departamento en la investigación propuesta.

Debilidades

- La falta de tiempo del profesor para creación de los modelos 3D.
- El miedo a usar algo nuevo, por tanto desconocido, de los alumnos, sin experiencia previa.
- Existencia de algunos alumnos sin conocimientos previos de dibujo técnico anterior o con falta de base
- La falta de tiempo en casa para los alumnos por la gran cantidad de tareas a realizar de todas las materias de que se compone el resto del curriculum.
- La falta de parte del software a instalar en el aula y en los móviles de los alumnos.
- Necesidad de marcadores y cámaras en los ordenadores del aula y su colocación en clase.
- Dependencia de los dispositivos de los alumnos para visualizar la Realidad Aumentada móvil.

- Cumplimiento de los plazos de la programación teniendo listos los modelos 3D en las fechas que previamente está programada la materia.
- Falta de tiempo en clase para mostrar los nuevos modelos y su forma de trabajo.
- Falta de comunicación con el resto de alumnos perteneciente al resto de grupos que cursan la asignatura. (El profesor que realiza el estudio imparte clases al grupo B, habiendo dos grupos más A y C, cursando la misma asignatura).

Como **oportunidades** van a ser consideradas como aquellos elementos externos que rodean al entorno, y que facilitan la introducción de los modelos tridimensionales.

Oportunidades

- El avance tecnológico de los dispositivos que son cada vez más potentes y versátiles.
- La bajada de precios de todos los elementos informáticos, ordenadores y otros dispositivos, que hace que sean elementos al alcance de los alumnos en los centros.
- El uso de programas gratuitos de software. SketchUp y Aumentaty author y viewer para Realidad Aumentada. Aumentaty viewer app, para Realidad Aumentada móvil.
- Conocimiento del uso y resultados experimentales de esta tecnología en otros centros, en los mismos niveles educativos universitarios, con experiencias similares parcialmente.
- Materiales disponibles de experiencias anteriores. (Marcadores y webcams)
- Tendencia del uso de esta tecnología en juegos y otros entornos, como museos, que hacen que sea más conocidos y atractivos por partes de los alumnos.
- La clara programación, en contenidos y tiempos, de la asignatura.
- Existencia de un curso programado dentro del departamento, que versa sobre aspectos básicos de dibujo técnico, nivel 0.

Y, por último, las amenazas son elementos externos que rodean al contexto educativo que provocan la dificultad del desarrollo de la implantación de los modelos 3D en el aula.

Amenazas

- El rápido avance de todos los programas informáticos que hace que la tecnología utilizada quede rápidamente obsoleta.
- Lo desconocido de la tecnología de producción de Realidad Aumentada móvil con el uso de elementos de exportación obligados *.obj.
- Financiación para adquirir las cámaras que han de estar acopladas en los ordenadores para la visualización de la Realidad Aumentada fija y dispositivos para visualizar la Realidad Aumentada móvil.
- Gran cantidad de alumnos matriculados en la asignatura que hace difícil la atención personalizada.

5.2.1. Estrategias

Llegados a este punto se decide realizar una estrategia para llegar a conseguir los **objetivos de la actuación**, potenciando cada fortaleza, corrigiendo cada debilidad, aprovechar las oportunidades y afrontando las amenazas. Tabla 47.

- Con un **carácter ofensivo** (fortalezas + oportunidades, FO (Maxi-Maxi)), porque se va a diseñar una experiencia para potenciar el uso e incorporación de los modelos 3D en el aula aprovechando los elementos existentes a nuestro alcance, buscando que conlleven una mejora en la metodología de las prácticas de la asignatura de Expresión Gráfica.

Esta estrategia se va a concretar:

- Conocimiento de las experiencias parcialmente similares. Realizando un profundo análisis del estudio del arte, para basarnos en estos ensayos, intentando complementar los estudios observados.
- Maximizando la experiencia anterior, ya que el profesorado que lleva a cabo la experiencia conoce el procedimiento de la formación de los modelos tridimensionales y de la obtención de la Realidad Aumentada.
- Aprovechando la buena infraestructura de las clases de informática del centro, para uso de programas instalados (SketchUp) e instalar otros rápidamente (Aumentaty author y viewer para Realidad Aumentada), ambos gratuitos. Se requiere la reserva del aula con la suficiente antelación.
- Estos programas junto con la Aumentaty viewer app son, por tanto, fácilmente instalados en los dispositivos fijos y móviles de los alumnos, que los poseen puesto que tienen un precio nulo y son lo suficientemente potentes para su fácil manejo por parte de éstos que son nativos digitales, teniendo un carácter claramente tecnológico por lo que el manejo de la tecnología no le va a suponer a priori ningún impedimento.
- Al igual que la comunicación con los mismos gracias al campus virtual de la universidad, que también será utilizada para intercambio de archivos y evaluaciones.
- Lo bien programada que está la asignatura que permite la incorporación de nuevos diferentes y atrayentes elementos de visualización 3D, en el curriculum de la misma, cuya incorporación es una tendencia consolidada en otros entornos.

Tabla 47 Análisis DAFO

		ANALIZAR EL ENTORNO FACTORES EXTERNOS	
		OPORTUNIDADES (+)	AMENAZAS (-)
ANALIZAR RECURSOS INTERNOS	FORTALEZAS (+)	<p>ESTRATEGIA OFENSIVA FO (FORTALEZAS + OPORTUNIDADES) (Maxi-Maxi)</p> <p>Aprovechar las fortalezas internas y las oportunidades externas para lograr nuestro objetivo.</p> <p>Potenciar el uso e incorporación de los modelos 3D en el aula aprovechando los elementos existentes a nuestro alcance.</p>	<p>ESTRATEGIA DEFENSIVA FA (FORTALEZAS + AMENAZAS) (Maxi-mini)</p> <p>Utilizar las fortalezas internas para así contrarrestar el efecto de las amenazas externas.</p> <p>Plantear la evaluación de los resultados en un grupo controlado de alumnos utilizando varios instrumentos con el objetivo de decidir sobre su utilidad pedagógica.</p>
	DEBILIDADES (-)	<p>ESTRATEGIA DE REORIENTACIÓN DO (DEBILIDADES + OPORTUNIDADES) (mini-Maxi)</p> <p>Vencer las debilidades internas aprovechando las oportunidades externas</p> <p>#</p> <p>Giro de la dinámica de clase al incorporar los modelos 3D en el proceso de enseñanza aprendizaje para mejorar los resultados.</p>	<p>ESTRATEGIA DE SUPERVIVENCIA DA (DEBILIDADES + AMENAZAS) (mini-mini)</p> <p>Superar las debilidades internas para abordar mejor las amenazas</p> <p>#</p> <p>Fijando claramente los límites de la investigación: grupos y financiación.</p>

- Con un **carácter defensivo** (fortalezas + amenazas, FA (Maxi-mini)), puesto que se va a plantear una evaluación de los resultados en un grupo controlado de alumnos utilizando varios instrumentos con el objetivo de confirmar o desmentir su utilidad pedagógica, o mera moda pasajera.

Esta estrategia se asegura en:

- La experiencia previa llevada a cabo sirvió para observar que debido a lo emergente en los programas de RA un cambio de versión del mismo puede provocar la incompatibilidad de los modelos realizados con versiones anteriores, por lo que se ha decidido usar la misma versión de programas a lo largo de todo el proceso.
- Se ha optado por el uso de varias opciones de visualización de modelos 3D, programa de escritorio SketchUp, y Realidad Aumentada, la fija que es más conocida y la móvil, cuya respuesta se desconoce.
- Esta evaluación se va a realizar mediante campus virtual, pero para conseguir la correcta participación de los alumnos, se ha diseñado la experiencia para dos grupos los más homogéneos dentro del centro de estudios, un grupo experimental y otro de control, al que les dé clase prácticas y teóricas el mismo profesor en similares horarios.
- Con una estrategia de **reorientación** (debilidades + oportunidades, DO (mini-Maxi)), de la dinámica de clase al incorporar los modelos 3D como una herramienta a usar en el proceso de enseñanza aprendizaje para mejorar los resultados.

Esta estrategia se fija en:

- La planificación de la actuación de la incorporación de los modelos tridimensionales para anticipar las actuaciones a llevar a cabo en clase y prever imprevistos de mayor ocupación de tiempos en la generación de los modelos por problemas al generar los mismos, y así, cumplir los plazos fijados, provocados por el seguimiento de la programación de la asignatura. Además, si los alumnos tienen los modelos por adelantado, procurarán su uso.
- Animar a los alumnos sin conocimientos previos de dibujo técnico anterior a la asistencia del curso sobre aspectos básicos de dibujo técnico.
- Aunque sabemos del control informático de los alumnos, se va a intentar facilitar el acercamiento del alumnado a los nuevos programas con la explicación en clase de las herramientas de visualización de dichos programas, junto con fichas gráficas del uso rápido, lo que facilitará su fácil y rápida instalación en sus dispositivos fijos y móviles. Se facilita la información por campus virtual, (al igual que los programas), y el resto de la información de la asignatura.
- Con una estrategia de **supervivencia** (debilidades + amenazas, DA (mini-mini)): fijando claramente los límites de la investigación: grupos y financiación.

Esta estrategia se consolida en que:

- Aunque la asignatura está cursada por muchos alumnos en tres grandes grupos, al ser el estudio algo voluntario y necesitar un tiempo del que los alumnos no disponen, se hace difícil su participación aun con la colaboración del resto de profesores del departamento que imparte la materia en el resto de grupos. Es por ello y debido a la falta de comunicación con el resto de alumnos perteneciente al resto de grupos que cursan la asignatura, por lo que se va a concretar el estudio en el grupo B que forma la asignatura, subdividiéndolo en dos subgrupos similares donde poder evaluar la experiencia de una manera controlada. El resto de alumnos del resto de grupos, A y C, quedan excluidos del estudio por pertenecer a otras titulaciones diferentes de las del grupo B.

- Un tema a reseñar es la financiación del proyecto. Gracias a la infraestructura existente son pocos los elementos necesarios a adquirir, que son marcadores, webcams y dispositivos móviles.
 - Los marcadores son fáciles y baratos de fabricar, y junto con las webcams, que han de estar acopladas en los ordenadores para la visualización de la Realidad Aumentada fija, han sido financiados con la experiencia anterior, caso de estudio nº1, dentro del programa de innovación, Proyecto Gutenberg3D, del Ministerio de Educación y Ciencia, año 2015.
 - Los móviles, sirven para el uso de la Realidad Aumentada móvil son los que tienen en propiedad los alumnos participantes en el mismo.

5.3. Problemática observada

El control de los diferentes sistemas de representación gráfica conlleva un alto desarrollo en la visualización espacial del alumnado. Además, los ejercicios a desarrollar en la representación de los mismos muchas veces implican giros de elementos geométricos, cambios o abatimiento de planos, disociación de la percepción espacial en vistas bidimensionales,... elementos de alto grado de abstracción y exigencia cognitiva.

Urge, por tanto, encontrar y desarrollar estrategias pedagógicas efectivas, que permitan manipular y visualizar los elementos 3D implicados en los problemas planteados, y que aglutinen elementos apetecibles a nivel discente como pueden ser los basados en las TICs, que faciliten a los estudiantes su comprensión y desarrollo de una forma atrayente.

En el apartado 2.4, se nombraron diversos estudios donde se reportan los beneficios de los modelos tridimensionales en la aplicación práctica a nivel docente en diversas unidades dentro de distintas áreas de conocimiento; de lo que podría concluirse que al usar esos materiales educativos digitales (MED) en 3D mediante las TICs, se limitan parte de las barreras del proceso enseñanza aprendizaje, fomentando la autonomía en el mismo, y consiguiéndose una mayor accesibilidad al contenido a impartir e igualdad educativa para todas las personas.

Sin embargo, estos estudios abarcan la aplicación de los modelos 3D a unidades temáticas específicas, siendo pocos lo que han desarrollado la aplicación práctica de estos modelos tridimensionales a lo largo del todo el periodo lectivo de una asignatura. En este caso se han tratado los diferentes sistemas de representación gráfica (Diédrico y elementos de normalización, Axonométrico y Caballera, Planos Acotados (cubiertas y explicaciones)); desarrollando la parte práctica del curriculum junto con la aplicación de prácticas en papel y en ordenador (Autocad), y con varias posibilidades de visualización: con SketchUp y Realidad Aumentada, en el móvil y en PC.

Se pretende de este modo una innovación en el proceso enseñanza aprendizaje, reestructurando la forma de comunicación, asegurando la comprensión espacial del problema planteado por parte de todo el alumnado, sentando las bases para la explicación del resto de contenidos asociados, la comprensión de los mismos, para la posterior resolución exitosa de los problemas y la autocorrección de los mismos por parte del propio alumnado, adaptándose a los distintos ritmos de aprendizaje.

5.4. Objetivos y preguntas de investigación

Tabla 48 Preguntas de investigación

QN	Preguntas de investigación
Q0	¿Son similares los dos grupos de estudio GX y GC respecto de su perfil académico y tecnológico?
Q1	¿Existe alguna diferencia en la capacidad de visualización espacial debido a la utilización en el proceso de enseñanza aprendizaje de los modelos 3D?
Q2	¿Existe alguna diferencia en los resultados de aprendizaje, como la obtención de mejores resultados académicos, achacable al manejo en la tarea de los modelos tridimensionales?
Q3	¿Existe alguna diferencia entre ambos grupos, en referencia a la motivación mostrada, a la participación e implicación de los alumnos con la asignatura tratada y en relación con la valoración que asignan a la metodología usada?
Q4	¿Existe alguna diferencia de apreciación entre la valoración, cuantitativa y/o cualitativa, realizada entre los distintos miembros de estudio por pertenecer a uno u otro grupo de estudio?
Q5	¿Muestran los participantes del estudio del GX, alguna preferencia entre los distintos sistemas de visualización de los modelos tridimensionales y en qué temas?

Los **objetivos** planteados son:

- Valorar el empleo pedagógico de elementos tridimensionales en el aula, como elementos que favorecen el desarrollo de la visualización espacial.
- Cuantificar la influencia que los modelos tridimensionales en los resultados académicos.
- Cuantificar la motivación e implicación del alumnado gracias a la introducción de los modelos 3D en clase.
- Medir la usabilidad de los modelos tridimensionales, bajo criterios normativos, observando cuáles son los elementos a destacar de la experiencia en comparativa con el método tradicional de clase.
- Realizar una comparativa entre las distintas herramientas de visualización elegidas.

Como reformulación de los mismos podemos llegar a las preguntas de investigación de este estudio, Tabla 48.

5.5. Metodología

5.5.1. Diseño del experimento

En este estudio se ha llevado a cabo la comparativa entre una metodología de clase tradicional en pizarra, con otra utilizando modelos tridimensionales plasmados con diferentes tecnologías de visualización: SketchUp, programa informático de diseño 3D y Realidad Aumentada fija y móvil, visualizados a través de los programas Aumentaty Author y Aumentaty viewer y Aumentaty app). Estos modelos 3D han sido utilizados como medios que enlazan los elementos geométricos con los que trabajar en la asignatura Expresión Gráfica, con la representación bidimensional habitual utilizada por los sistemas de representación (Diédrico, Axonométrico, Caballera y Planos Acotados), en la resolución de problemas prácticos. Se pretende identificar los efectos producidos por los mismos.

Para ello, se ha llevado a cabo un estudio de seguimiento y comparación de dos grupos de alumnos similares, uno de control, GC, en el que se imparte las clases de manera tradicional, y otro experimental, GX, donde además se complementa la docencia con la aportación de los modelos tridimensionales, siendo la asignación a cada uno de los grupos completamente aleatoria.

Para llevar a cabo este experimento se ha seguido las fases del modelo de diseño instruccional (MDI) ADDIE [321] -ASSURE- [322], Tabla 49:

Tabla 49 Modelo de diseño instruccional ADDIE (ASSURE)

A	A	Analyze the audience	Analizar a la audiencia
S	D	State objectives	Diseñar los objetivos
S	D	Select methods, technologies and materials	Diseñar los métodos, tecnologías y materiales
U	I	Use methods, technologies and materials	Implementar los métodos, tecnologías y materiales con la participación de los estudiantes
R		Require the participation of students	
E	E	Evaluate and review	Evaluar y revisar

El análisis de la audiencia queda mostrado en el estudio de los antecedentes académicos de los alumnos, así como su control de las TICs. Quedan reflejados en un cuestionario previo, donde puede deducirse su control de las mismas y su perfil discente.

La determinación de la similitud de muestras se basa en que los alumnos pertenecen a la misma titulación y han tenido todos, el mismo modo de ingreso, siendo los resultados obtenidos en el test DAT 5 SR nivel 2, para alumnos de nuevo ingreso en la universidad, el que caracteriza la similitud de las muestras en el pre-test y el que determina la ganancia de la capacidad espacial en el post-test.

Posteriormente se diseñará el procedimiento de actuación, definiendo tiempos, temas tratados, medios técnicos, tecnologías y materiales, y procedimientos de evaluación, para conseguir los objetivos propuestos, contestando a las preguntas de la investigación. La implementación y la evaluación posterior de los resultados nos harán llegar a las conclusiones sobre las preguntas propuestas.

Los momentos educativos donde la evaluación entra en juego son los momentos donde el alumno se esfuerza con mayor ahínco, es por ello por el que el análisis de los datos académicos de las prácticas y del examen final de la asignatura, nos revelaron si existen diferencias de los mismos por la introducción de estos modelos en la dinámica educativa. Otros valores observables han sido la asistencia a clase o la participación en el campus virtual.

El análisis comparativo post-proceso de los cuestionarios realizados por ambos grupos, con preguntas cerradas puede llevarnos a determinar las diferencias precisadas por ambos grupos en cuanto a su nivel de motivación, además de estudiar las relaciones entre los factores que lo componen (atención, relevancia, confianza y satisfacción).

También es posible la comparación entre las metodologías llevadas a cabo gracias a otras preguntas relacionadas con la usabilidad de dichas maneras de llevar a cabo el proceso de enseñanza aprendizaje.

Por último, el grupo experimental, GX, contestó un cuestionario mixto, con preguntas abiertas y cerradas tipo Likert, para determinar las ventajas y desventajas observadas al trabajar con los elementos tridimensionales.

5.5.2. Participantes

Para la elección de los participantes del estudio se ha seguido una elección al azar de todos los grupos que cursan la asignatura de Expresión Gráfica en la Ingeniería. En total, los alumnos se distribuyen en tres grupos, A, B y C, que a su vez están distribuidos en otros subgrupos para las prácticas.

Los alumnos con los que se va a llevar a cabo la experiencia son los asignados por carga docente y son los pertenecientes a primer curso del doble grado en Ingeniería Mecánica + Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, Grupo de tarde, B, con subgrupos B1, grupo de control GC, sin el uso de los modelos 3D, y B2, GX, grupo experimental, con modelos 3D. Las clases de teoría del gran grupo B se dan juntas. Como puede deducirse existen otros dos grupos cursando la materia, el A y el C, estos grupos no han participado en el estudio.

Por otro lado, la distribución de distintos alumnos entre los grupos ha sido una asignación aleatoria, puesto que se ha realizado desde la coordinación de la asignatura en función del orden alfabético del primer apellido de los mismos. Como consecuencia se han obtenido dos grupos, GC (N = 28) y GX (N = 35), con 63 alumnos en total.

Todos los alumnos son mayores de edad y han sido informados del propósito de la investigación que se ha llevado a cabo. El consentimiento informado se obtuvo de todos los participantes.

Por otro lado, también se les ha informado que una vez comenzadas las prácticas no pueden cambiarse entre grupos ni pueden asistir al grupo al que no pertenecen, en primer lugar porque el aforo de las clases no lo permite y en segundo lugar, porque aunque la asistencia a clase es opcional, requiere de la presencia obligatoria si los alumnos desean presentar la práctica programada el día indicado para contabilizarla en la calificación de la parte práctica de la asignatura. Se ha pasado lista en clase en ambos grupos para reforzar la asistencia continuada a la misma.

5.5.3. Procedimiento de actuación

A ambos grupos se les va a pasar a principios de curso dos pruebas previas antes del proceso con el fin de obtener información relevante para la caracterización previa de los grupos existentes en relación a su nivel de conocimiento y uso de las nuevas tecnologías así como conocimientos previos de dibujo técnico y Matemáticas.

Por otro lado, para tener un conocimiento objetivo y comparable de los mismos, se va a hacer un estudio sobre las capacidades de visualización espacial de los mismos. Por ello, el alumnado también pasa un test de evaluación de capacidades visuales, vía Moodle, en concreto se trata del DAT 5 SR nivel 2 [323], en el que según sus instrucciones, es correcta su aplicación para alumnos de nuevo ingreso en la universidad. Los datos obtenidos nos revelarán datos sobre la capacidad de visualización espacial de los mismos y para la comparación entre grupos.

Para ello, se ha colocado en Moodle los test correspondientes, separados por grupos para un mejor y rápido tratamiento de datos, de manera que los alumnos sólo pueden

acceder una sola vez a su grupo correspondiente, para realizar el test que dura como máximo 25 minutos.

Seguidamente se ha llevado a cabo el desarrollo del curso que ha tenido la duración de un semestre. La diferencia fundamental de aplicación del curso B2 (GX) respecto del B1 (GC), ha sido la introducción de los modelos tridimensionales en clase que han sido facilitados vía moodle junto con instrucciones de uso. Los alumnos han sido tutorizados en cuanto a la descarga de programas y manipulación de los modelos 3D, por parte del profesor de las prácticas. Se ha llevado un control de asistencia a las prácticas y a las visitas a las carpetas donde estaba toda la información de los modelos 3D en el campus virtual.

Al final del proceso, se ha realizado una valoración de la cantidad de prácticas entregadas así como de la nota de prácticas y del examen final, así como la calificación final de los alumnos. Además, previo al examen final de la asignatura, con el fin de determinar los efectos de la introducción de los modelos 3D en el proceso se ha realizado una recogida anónima de toma de datos, vía moodle en clase de prácticas con los siguientes cuestionarios:

- Un post-test del mismo cuestionario DAT 5 SR nivel 2, de evaluación de la capacidades de visualización espacial. Ambos grupos.
- Un cuestionario sobre la motivación discente respecto del proceso de enseñanza llevado a cabo, siguiendo el método ARCS.
- Un test donde reflejar los beneficios y las dificultades percibidos por los alumnos durante las prácticas. Se realizará de una manera cualitativa y cuantitativa. Test Bipolar-Laddering y Test de Usabilidad basada en la normativa ISO. Ambos grupos.
- Un test para la valoración general de los modelos 3D y una evaluación particular de las herramientas de visualización elegidas. Grupo experimental.

Posteriormente, se ha utilizado la estadística descriptiva e inferencial para reflejar las respuestas obtenidas. Primeramente se ha comprobado la similitud de varianzas de población de los grupos implicados, para todas las pruebas que la requieren. Más tarde se ha comparado los datos entre los dos escenarios de enseñanza usando un nivel de significancia de 0,05.

5.5.4. Temporalización

El procedimiento descrito anteriormente se va desarrollado en un planning de actuación, en el que se ha intentado el acople de la programación del experimento con la programación existente de la asignatura procurando no provocar ningún cambio en la misma, para causar la mínima perturbación en el curso.

La parte práctica programada de la asignatura consiste en la asistencia a doce prácticas a lo largo del curso, en el que al final de las mismas los alumnos tienen que entregar cada día los ejercicios propuestos anteriormente para dicha práctica.

La actuación programada se centra en el desarrollo de las prácticas de la asignatura:

- antes, con la realización de pruebas pre-test.

- durante, con la modificación en la metodología durante el proceso de enseñanza aprendizaje para el grupo experimental, GX.
- después, con la realización de pruebas post-test.

Todo queda reflejado en el esquema, Tabla 50.

Tabla 50 Planning de la actuación

1. PRUEBAS INICIALES. TODOS LOS GRUPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO. (GRUPO B)				
• DEFINICIÓN GRUPO CONTROL, GC/B1.		• DEFINICIÓN GRUPO EXPERIMENTAL, GX/B2.		
• Perfil personal, Perfil tecnológico (Uso TICs) y Conocimiento tecnologías de uso. Conocimientos previos dibujo y Matemáticas.				
• Pruebas de capacidad espacial antes de empezar. Pre-test DAT 5 SR nivel 2.				
2. DESARROLLO DE LAS CLASES PRÁCTICAS DOBLE GRADO EN ING. MECÁNICA + ING. EN DISEÑO IND. Y DESARROLLO DEL PRODUCTO				
GRUPO DE CONTROL - GC - B1		GRUPO EXPERIMENTAL - GX - B2		
• Clases SIN apoyo de los modelos 3D.		• Clases CON apoyo de los modelos 3D.		
• Aula de ordenadores/ Aula práctica.		• Aula de ordenadores.		
• AULA 06/032. MIÉRCOLES 15:00-16:30		• AULA 06. JUEVES 16:30-18:00		
PRACTICAS DEL CURSO (1,5 HORAS CADA UNA):				
Nº	AULA GC	AULA GX	NOMBRE	CONTENIDO
1	INFORM.	INFORM.	CAD Nº1	PRINCIPIOS DE CAD 2D. DIBUJO DE PIEZAS. COMANDOS BÁSICOS:
2	INFORM.	INFORM.	CAD Nº2	DE DIBUJO, INICIAR SESIÓN. GUARDADO DE ARCHIVOS. INTRODUCCIÓN DE DATOS. VISUALIZACIÓN. DIBUJO BASICO.
3	INFORM.	INFORM.	CAD Nº3	MODIFICACIÓN. CAPAS Y BLOQUES. ANOTACIONES Y ACOTACIONES.
4	INFORM.	INFORM.	CAD Nº4	IMPRESIÓN ESPACIO MODELO Y ESPACIO PAPEL.
5	PRÁCTICA	INFORM.	NORMALIZACIÓN	ESCALAS, ROTULACION Y CROQUIZADO.
6	PRÁCTICA	INFORM.	DIÉDRICO Nº1	PUNTO, RECTA Y PLANO. INTERSECCIÓN, PARALELISMO Y PERPENDICULARIDAD. ABATIMIENTOS, CAMBIOS DE PLANO. GIROS.
7	PRÁCTICA	INFORM.	DIÉDRICO Nº2	DISTANCIAS. ANGULOS.
8	PRÁCTICA	INFORM.	DIÉDRICO Nº3	SECCIONES PLANAS.
9	PRÁCTICA	INFORM.	AXONOMÉTRICO	PIEZAS AXONOMÉTRICO DESDE DIÉDRICO.
10	PRÁCTICA	INFORM.	CABALLERA	PIEZAS EN CABALLERA DESDE DIÉDRICO.
11	PRÁCTICA	INFORM.	PLANOS ACOTADOS	CUBIERTAS. EXPLANACIONES.
12	PRÁCTICA	INFORM.	GEOM. MÉTRICA	CÓNICAS. TRANSFORMACIONES MÉTRICAS.
3. PRUEBAS FINALES				
• Post-test. Cuestionario DAT 5 SR nivel 2, de evaluación de la capacidad de visualización espacial.				
• Asistencia y nota en la Prueba final de adquisición de conocimientos. (8/10)				
• Cantidad de prácticas realizadas y Nota adquirida por el alumno en sus prácticas. (2/10)				
• Nota final de los alumnos. (80% Prueba final de adquisición de conocimientos + 20% Nota de prácticas)				
• Comparaciones de la asistencia a clase y de las visitas a las carpetas del campus con los modelos 3D.				
• TEST ARCS de la motivación de los discentes.		• TEST ARCS de la motivación de los discentes.		
• Valoración cualitativa de las prácticas. Método BIPOLAR LADDERING.		• Valoración cualitativa de las prácticas. Método BIPOLAR LADDERING.		
• Valoración cuantitativa de las prácticas. USABILIDAD.		• Valoración cuantitativa de las prácticas. USABILIDAD.		
		• Valoración ACEPTACIÓN GENERAL del uso de los modelos 3D.		
		• Valoración PREFERENCIA PARTICULAR de las distintas herramientas de visualización.		

5.5.5. Puesta en práctica en clase y temas tratados

Las prácticas comienzan en los grupos de manera simultánea, llevando en ambos las mismas tareas y ritmos según el planning explicado. Todas las semanas los alumnos imparten las clases teóricas y las prácticas en las que tienen que entregar la tarea asignada para esa semana.

Así, las prácticas se llevan a cabo de manera similar por ambos grupos, con una misma línea de trabajo con la diferencia de que un grupo de control, GC, no utiliza los elementos 3D y el otro, el experimental, GX, sí los utiliza.

La utilización de los modelos 3D tiene como finalidad servir soporte a los alumnos durante la realización de las prácticas de Expresión Gráfica comentadas, ya que ayudan a la comprensión espacial de los ejercicios planteados. Los alumnos disponen vía campus virtual todos los modelos diseñados semanalmente y con antelación y los han usado personalmente las veces que lo han deseado.

La dinámica es la siguiente:

- Prácticas de Autocad: Los alumnos dibujan con la ayuda del profesor unas prácticas en 2D de CAD, utilizando el programa Autocad para aprender el manejo del mismo. A los alumnos se les ha facilitado unas láminas en PDF que son las que tienen que dibujar, en la guía del alumno. Se han de realizar cuatro láminas, y entregarlas vía plataforma un mes después a través de un enlace que estará disponible en la asignatura en Campus Virtual con la indicación de una fecha tope. Tienen otras láminas con las que poder practicar.
- Resto de prácticas: Los alumnos realizan las prácticas previamente establecidas en el cuaderno de prácticas, a disposición de los alumnos publicado en campus virtual en formato PDF, que tienen que ser entregadas el día de clase correspondiente a dicha práctica. Las prácticas son trabajadas en casa por los alumnos y explicadas y corregidas en clase por el profesor.

Las prácticas son de carácter obligatorio y los ejercicios se entregarán delineados a lápiz en formato normalizado con los márgenes y cajetines debidamente cumplimentados.

Es muy recomendable que el alumno trate de realizar el máximo número de ejercicios posibles, no sólo para lograr una mejor comprensión de los conocimientos teóricos sino también para adquirir una cierta destreza a la hora de dibujar, además al finalizar el curso el alumno deberá conservar la carpeta de prácticas por si su profesor se la solicitase.

Las prácticas están diseñadas para que el alumno vaya trabajando en casa o en la universidad desde el primer día independientemente del día de entrega. Se pretende que el día de entrega de las prácticas, éstas sean más participativas y que el tiempo se aproveche al máximo. Cada día de prácticas se explicará, se corregirá y se entregará al profesor por parte del alumno la práctica asignada para ese día. El profesor de prácticas explicará la misma aclarando las dudas para que durante el resto de la clase el alumno pueda terminarla. Si el alumno no ha trabajado previamente la práctica en casa es imposible que en una hora y media que dura la práctica pueda entregarla completa. La práctica asignada para un día se entrega ese mismo día al profesor de prácticas en el turno que le corresponda al finalizar la clase. Si la práctica no se entrega ese día, automáticamente está suspensa. No solamente se valora que se entregue la práctica en la fecha asignada sino también su presentación y, por supuesto, que estén correctas.

La diferencia fundamental entre ambos grupos es que los alumnos del grupo experimental han dispuesto de los modelos tridimensionales para hacer las prácticas mientras que los del grupo de control no han dispuesto de los mismos, que también se han utilizado para realizar las explicaciones y aclaraciones en clase de prácticas con el GX.

Se han considerado su aplicación en casi todas las prácticas, pero no en todas ellas. Así, el profesor ha llevado a cabo la clase con modelos 3D con el grupo experimental en 10 de las 12 prácticas programadas. La razón es porque, en la primera de ellas de trabajo con Autocad, los alumnos dibujan elementos 2D y no conocen el programa, con lo que es necesario que se acostumbren al mismo y no tengan elementos disruptivos durante la introducción del programa de Autocad que haga que no estén pendientes al mismo.

Posteriormente se hace la introducción de las nuevas tecnologías de soporte, haciendo su inmersión progresiva durante la práctica 2, con lo que desde ese momento los alumnos pueden realizar las prácticas con los modelos 3D de soporte utilizando la tecnología que considere conveniente SketchUp o Realidad Aumentada; y ésta fija en PC o móvil, en tablet o smartphone. De esa manera el encaje de las nuevas herramientas de visualización es progresivo no causando ningún trauma para su posible aplicación.

Más tarde, se utilizarán los elementos comentados en el resto de las prácticas de Expresión Gráfica, pero en la última de las prácticas de la asignatura tampoco se consideran los elementos tridimensionales al tratarse la misma de la geometría métrica del dibujo con elementos planos no representables en 3D, por lo que los elementos tridimensionales no tienen cabida.

Por tanto, se puede decir que se ha realizado un uso de las herramientas de visualización 3D en 10 de las 12 prácticas de que consta la asignatura, o sea, 15 de las 18 horas que constituyen las mismas, es decir, un 83,33% de la parte práctica de la asignatura. Versando en dibujo de las vistas ortogonales de elementos industriales tridimensionales en Autocad, con diferente dificultad, 4,5 horas, y otras 10,5 horas, con elementos de normalización (1,5 horas), Diédrico (4,5 horas), Axonométrico y Caballera (3 horas), Planos acotados cubiertas y explanaciones (1,5 horas). Dejando la última práctica de 1,5 horas para la Geometría métrica, sin la utilización de estos elementos. Anexo 20.

5.5.6. Medios técnicos

En cuanto al espacio de la realización de las prácticas es diferente para ambos grupos. Así para el grupo de control, GC, es en un aula de prácticas con mesas de dibujo, mientras que para el Grupo experimental, GX, es en un aula con ordenadores.

En ambas clases los alumnos pueden dibujar sin problemas sobre las mesas puesto que las mismas son lo suficientemente grandes como para que quede sitio libre aun con el sitio que ocupan los ordenadores. Ambas clases tienen buenos medios técnicos y están orientada al norte con persianas y poseen buenas condiciones ambientales, no se pasa ni calor ni frío. Para ello, hemos tenido que asegurar de la reserva del aula de informática, puesto que era básica en el experimento. Los elementos necesarios en dicha aula de informática son: pizarra, el Cañón y pantalla grande y los ordenadores tanto del alumnado como del profesor. Los requerimientos técnicos de los mismos no son mayores que los de cualquier ordenador estándar actual, por lo que no supone ningún impedimento en las aulas con ordenadores relativamente recientes.

Si se necesitan determinados programas para la realización de las visualizaciones. Se han consultado los programas instalados en informática al responsable de los técnicos de laboratorio antes de comenzar las prácticas. El programa SketchUp ya estaba instalado previamente en los ordenadores de clase. Se ha creado, por otro lado, una carpeta compartida donde se ha colocado el programa Aumentaty, así los alumnos han colaborado en la rápida instalación del programa Aumentaty en el aula, y en la colocación y en la descolocación y recogido de las cámaras web, las cuales se instalaban rápidamente la primera vez con el sistema plug and play. Todo se ha instalado rápido y sin grandes problemas, aunque requiere algo de tiempo antes de la clase. A veces no se ha podido realizar antes ya que el aula estaba ocupada con otra docencia, por lo que se ha usado algo de tiempo de clase. Otros días el aula estaba libre antes, con lo que se ha dispuesto de tiempo para preparar los equipos con la cámara web previamente.

Respecto a este elemento importante, hay que mencionar que no se disponía de webcams en los ordenadores de la universidad por ello éstas han sido facilitadas por el IES Politécnico Jesús Marín gracias al proyecto Gutenberg 3D, proyecto similar llevado a cabo con alumnos de FP en el campo de las explicaciones y los planos acotados. En total se dispone de 32 cámaras y aunque el grupo dispone de 35 alumnos, algunos de ellos traían portátil y, por tanto, no les hacen falta las cámaras citadas. En otros casos los alumnos prefieren usar sólo SketchUp y no las web-cam.

5.5.7. Recursos materiales

Para que los alumnos tengan acceso al material propuesto, tienen en el campus virtual en la parte de la asignatura correspondiente, además de todos los enlaces necesarios para el seguimiento de la asignatura, Fig. 138:

- la guía del alumno, información para el alumno curso 2015-16
- el cuaderno de las prácticas
- el listado de los grupos de alumnos
- enlaces para la subida de las prácticas de CAD
- los apuntes correspondientes tanto de los distintos temas que se compone la asignatura como de posibles enlaces de Autocad en internet para poder consultar dudas que les surjan, aunque siempre pueden acudir a tutoría, por supuesto.



Fig. 138 Documentación disponible en el campus virtual

Se ha colocado, por otra parte, para cada una de las prácticas una carpeta donde se puede observar cada uno de los ejercicios a realizar en formato tridimensional en formato *.SKP y en RA, Fija y móvil, (*.atx y *.atm). También se aclara a los alumnos las extensiones de los archivos, en una etiqueta junto a las carpetas de las prácticas; con la finalidad, de que quede todo claro y que los alumnos no tengan dudas. Aunque lo que ocurre de manera práctica cuando utilizan los archivos es que, simplemente, cuando tengan los programas descargados, con el icono de cada uno de ellos podrán reconocer a que programa corresponden.

También por otro lado, se han añadido los enlaces a la descarga del programa SketchUp y Aumentaty Viewer directamente, tanto en su versión fija como móvil. Así el alumnado puede bajarse rápidamente estos programas y usarlos. Son gratis.

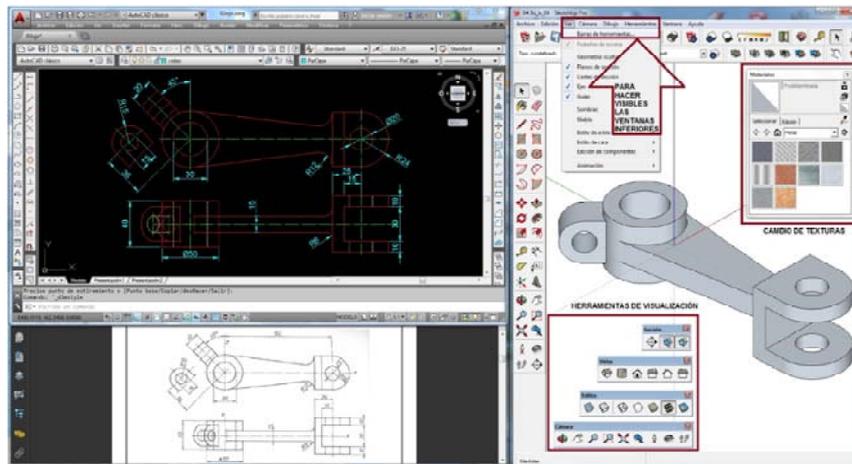


Fig. 139 Guía de utilización para la visualización en SketchUp, véase Anexo 4

Por otro lado, también tienen acceso a los marcadores en formato *.PDF imprimible y a unas guías cortas en formato *.PDF del manejo y descarga de los mismos. Así se explica el funcionamiento general de dichos programas para que no haya ninguna duda en su uso, aunque son fáciles de usar, sobre todo en lo referente a la visualización de elementos.

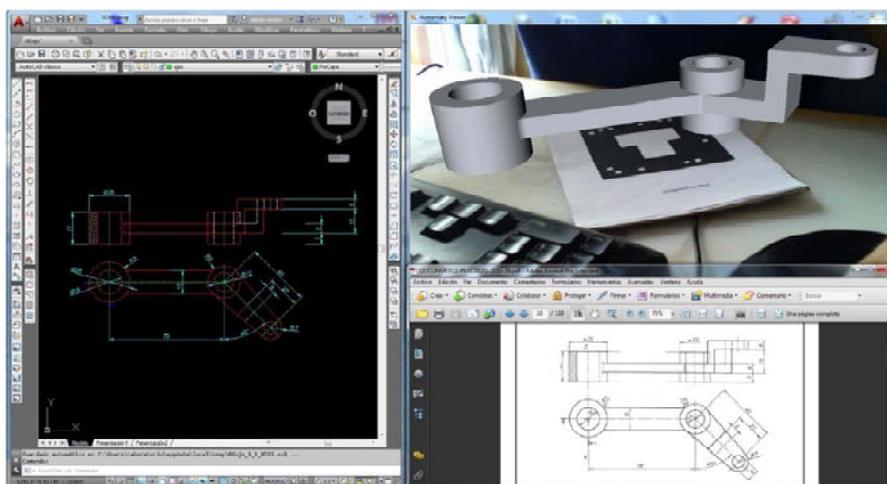


Fig. 140 Guía de utilización para uso de Realidad Aumentada fija, véase Anexo 5

En el caso de SKP se ha realizado hincapié en la gestión de archivos, visualizado, así como en los botones de vistas directas, desplazamiento y giros...en el programa y opciones de visualización para poder ver las vistas ocultas, véase Fig. 139.

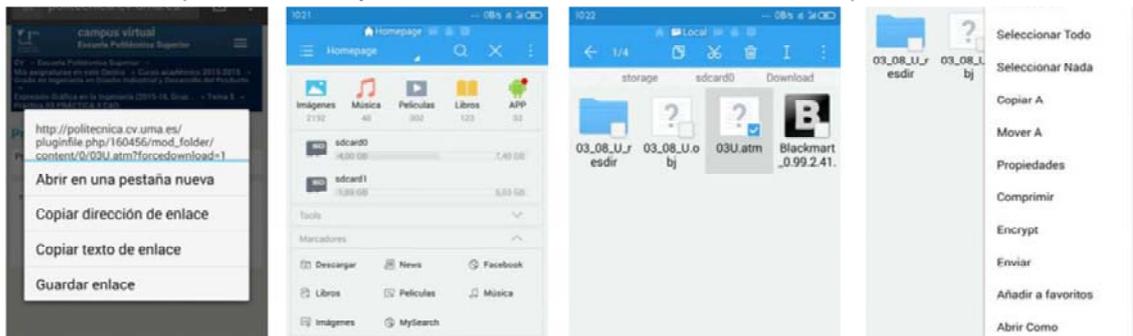
También se ha realizado la misma operación con la RA fija y móvil, véase Fig. 140 y Fig. 141, en la primera de ellas, se realiza una breve explicación de su manejo para la visualización, aunque basta con poner el marcador delante de la pantalla, sin que nada tape la figura dibujada en éste elemento, para la visualización de los elementos 3D, siendo su manejo muy intuitivo.

Respecto a la RA móvil se ha realizado una explicación de la descarga del programa junto con el manejo del mismo, siendo este último muy similar a la RA fija.

1. Localización de la carpeta, (una por práctica), que contiene los modelos 3d en el campus virtual.



2. Pulsar el archivo correspondiente a la Realidad aumentada móvi (*.atm) y descargarlo, dándole a guardar enlace. Con una aplicación de exploración de archivos, localizar la carpeta de descargas, pulsar el archivo y con el botón auxiliar del móvil seleccionar la opción abrir como



3. Seleccionar Otros. Pulsar Viewer. Se abrirá automáticamente, cargará el archivo. Indica que marcador es el que nos hace falta para visualizar el modelo. Dar a icono cámara. Si ese marcador se visualiza a través de la cámara del móvil en pantalla aparecerá el modelo diseñado en 3D.



Fig. 141 Guía de utilización para uso de Realidad Aumentada móvil, véase Anexo 6

5.5.8. Instrumentos de medida

Diversos instrumentos se han utilizado para la recogida de datos en este estudio, la mayoría de ellos han sido cuestionarios contestados por los alumnos utilizando el campus virtual de la universidad. Un resumen de los mismos puede observarse en la Tabla 51. Los datos de resultados de exámenes, prácticas y asistencia, han sido obtenidos a lo largo del desarrollo de las clases. Además, respecto de los test utilizados existen varios que han sido, utilizados directamente, como el DAT 5 SR nivel 2 y diseñados y readaptados otros con objeto de determinar la influencia de los modelos tridimensionales en el aprendizaje de la Expresión Gráfica en la Ingeniería.

Tabla 51 Pruebas realizadas en la investigación

T	PRUEBA	TIPO	MEDIO	GC/GX	FIN	PRUEBA ESTADÍSTICA	QN
ANTES	TEST	LIKERT	MOODLE	GC/GX	Perfil académico: Dibujo/Matemáticas	χ^2 / T-STUDENT	Q0
	TEST	LIKERT	MOODLE	GC/GX	Perfil tecnológico (Uso TICs)		Q0
	TEST	50 QSR1	MOODLE	GC/GX	Pre-test DAT 5 SR nivel 2	T-STUDENT/ MANN-WHITNEY	Q1
DURANTE	CUADERNO	FIRMA	HOJA	GC/GX	Asistencia a clases prácticas	Gráfica f(t) / % abandonos MANN-WHITNEY	Q3
	Nº CONSULTA		MOODLE	GX	Ver uso de los modelos 3D	Registro en el campus. Gráfica f(t)	Q3
	ENTREGA	ESCRITO	CUADERNO	GC/GX	Cantidad de prácticas entregadas Valoración clases prácticas (2/10)	Gráfica f(t) χ^2 / T-STUDENT / MANN-WHITNEY	Q2
DESPUÉS	EXAMEN	ESCRITO	DOCUMENTO	GC/GX	Asistencia Prueba final	χ^2 / % abandonos	Q3
					Prueba final de conocimientos (8/10)	χ^2 / T-STUDENT / MANN-WHITNEY	Q2
	PROGRAMACIÓN		MEDIA	GC/GX	Nota final de los alumnos	χ^2 / T-STUDENT / MANN-WHITNEY	Q2
	TEST	50 QSR2	MOODLE	GC/GX	Post-test. DAT 5 SR nivel 2	T-STUDENT/ MANN-WHITNEY	Q1
	TEST	LIKERT	MOODLE	GC/GX	TEST ARCS de Motivación	T-STUDENT	Q3
	TEST	ABIERTO	MOODLE	GC/GX	Valoración cualitativa prácticas BLA BIPOLAR LADDERING	MÉTODO CUALITATIVO	Q4
	TEST	LIKERT	MOODLE	GC/GX	Valoración cuantitativa prácticas Usabilidad ISO	χ^2 / T-STUDENT	Q4
TEST	LIKERT	MOODLE	GX	Valoración uso de los modelos 3D General y particular de las herramientas de visualización	ANOVA / KRUSKAL-WALLIS χ^2 / MANN-WHITNEY	Q5	

Q0. Perfil académico y tecnológico de los alumnos

El análisis previo de los alumnos se ha llevado a cabo con un test multirespuesta, con preguntas de varias tipologías (sí/no, escalas Likert,...), con el cual quedan caracterizados los alumnos a nivel docente y tecnológico. Ha sido una adaptación del utilizado [206].

El test consta de 27 preguntas, agrupadas en apartados referentes a Datos estadísticos, TICs, PC/Portátil, Aplicaciones, Móviles, Internet, Realidad Aumentada y Expresión Gráfica versus Matemáticas. Puede consultarse en el Anexo 13.

Q1. Capacidad de visualización espacial

Para determinar la variación de las capacidades de percepción espacial en ambos grupos se ha utilizado el cuestionario DAT 5 SR nivel 2 [323], que se pasó dos veces, vía moodle, una pre y otra post proceso y para ambos grupos.

La prueba consta de 50 preguntas de opción múltiple. En cada una de ellas se presenta un modelo o patrón en el que algunas zonas están sombreadas y en otras aparecen

pequeños dibujos. A la derecha de cada modelo se ofrecen cuatro figuras de tres dimensiones.

La tarea consiste en averiguar cuál de esas figuras es la única que ha podido formarse a partir del modelo, teniendo en cuenta que el modelo siempre muestra la superficie exterior de la figura construida y que todas las figuras tienen la forma correcta, pero sólo una puede construirse a partir del modelo. Tiempo de realización 25 minutos. Intentos permitidos, 1, queda reflejado tanto la puntuación como el tiempo que se ha tardado. Anexo 14.

Q2. Resultados académicos

Para realizar una comparativa entre los resultados académicos del GX y del GC, se ha realizado y analizado la prueba de conocimiento final de la materia dada. Ha sido diseñada por los profesores de la asignatura y constaba de 6 ejercicios prácticos referentes a los temas expuestos, similares a los ejemplos vistos en las prácticas de la asignatura a lo largo del curso.

Hay que tener en cuenta también las notas obtenidas a lo largo de las prácticas, así como la cantidad de prácticas presentadas y la nota final obtenida por el alumno en la asignatura, teniendo en cuenta que según la programación de la misma se obtiene baremando 8/10 el examen final y 2/10 la nota media de prácticas.

Q3. Mejora de la motivación e implicación de los alumnos en la asignatura

Con el fin de contrastar la diferencia de motivación entre los miembros que forman parte de ambos grupos, se ha usado una modificación adaptada a este estudio del cuestionario IMMS, procedente del modelo de J. M. Keller motivación ARCS, [278].

En el presente experimento, el cuestionario finalmente utilizado contaba de 5 cuestiones entrelazadas de cada aspecto de la motivación consideradas por este modelo, (Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción), es decir, constaba en total de 20 preguntas en escala Likert de 5 puntos, véase Anexo 15.

Otro elemento que se considera indicador respecto de la motivación e implicación con la asignatura es la asistencia a clases prácticas, así como la preocupación por entregar los trabajos semanales propuestos en la programación de la asignatura, es por ello, por lo que se consideran elementos a controlar y comparar, tanto las notas referentes a este apartado, como la evolución semanal de las mismas, así como la asistencia a clase práctica, verificada mediante una hoja de firmas.

Por otro lado, también se va a comparar el número de personas de cada grupo que se presenta al examen final, y, por otro lado, observar la evolución y cantidad de descargas de los modelos 3D, para el GX.

Q4. Valoración comparativa, cuantitativa y cualitativa, de ambos métodos de enseñanza por ambos grupos

Para discernir y confrontar las diferencias percibidas por los miembros de ambos grupos respecto de los puntos fuertes y débiles del sistema se ha realizado una evaluación cualitativa, siguiendo el método BLA B-Laddering, Anexo 16, donde el participante enumeraba al menos 3+3 aspectos que consideraba reseñable de la experiencia,

señalando lo que más y menos le había gustado de las prácticas llevadas a cabo, describiéndolo someramente, valorándolo del 0 al 10 y explicándolo si lo consideraba necesario. Aquellos aspectos con una tasa de citación más elevada son los aspectos más notables del sistema y, definirán sus aspectos más positivos y negativos.

Por otro lado, aquellos otros con una tasa de citación más baja son los elementos a descartar o a tratar con menor premura.

Por otro lado, con un test *ad hoc* basado en la normativa ISO 9241-210 y la ISO/IEC 25000, véase Anexo 17, se trató de cuantificar la usabilidad de ambos sistemas de enseñanza y realizar una comparativa de los mismos.

Los datos del mismo se complementan con otras preguntas acerca de la metodología llevada a cabo en clase para explicar, para comprender, para llevar a cabo los ejercicios, así como las preferencias en cuanto a la presentación de la información y apuntes. La pregunta final del test hace referencia a la recomendación sobre el uso futuro de los modelos 3D planteados.

Q5. Valoración general de los modelos 3D y particular de las herramientas de visualización utilizadas.

Finalmente, con la finalidad de cotejar cuál es la tecnología elegida por los componentes del grupo experimental respecto de los diferentes sistemas de visualización utilizados y determinar sus preferencias, se ha preguntado y comparado un test *ad hoc* formado por respuestas tipo Likert de 5 puntos sobre la aceptación general de los modelos en 3D en general y sobre la percepción de todas las herramientas respectivamente, finalizando el cuestionario con una pregunta sobre la valoración global de las mismas del 1 al 10.

Acaba el cuestionario con una pregunta acerca del número de prácticas donde habían utilizado cada una de las tecnologías evaluadas, las unidades donde más se ha usado los modelos 3D en casa y con otra pregunta acerca de si se recomendaría los modelos utilizados para cursos sucesivos. Se puede consultar en el Anexo 18.

5.6. Resultados

El grupo total de estudio de investigación lo forman 63 alumnos. El número máximo de alumnos por conjunto o gran grupo lo marca el tamaño de la clase y es 70.

El número máximo de alumnos por grupo lo marcaba la cantidad de personas que podía caber en un aula de ordenadores, 35 como máximo.

Los grupos lo forman 28 alumnos el GC y 35 el GX. Tabla 52.

El reparto de los mismos en dos grupos GC y GX fue totalmente aleatorio. Como puede verse ambos grupos son muy similares, tanto en número como por edades. Su composición y los que participaron en cada una de las pruebas y cuestionarios se indica en cada apartado.

Las aplicaciones informáticas utilizadas para el análisis de datos han sido el programa Excel de MS y SPSS de IBM, con un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla 52 Datos de los participantes de los grupos

GRADO	GRUPO	SUBGRUPO	NÚMERO (N)	TOTAL
Doble grado en Ingeniería Mecánica + Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto	B	GC	28	63
		GX	35	

5.7. Resultados previos

Q0. ¿Son similares los dos grupos de estudio GX y GC respecto de su perfil académico y tecnológico?

Con el fin de delimitar el perfil de los participantes de ambos grupos y comprobar su similitud en este sentido, los estudiantes han contestado un cuestionario dividido en varias secciones unas para verificar su perfil tecnológico: datos estadísticos, sobre nuevas tecnologías: uso del PC, aplicaciones, móviles, internet, Realidad Aumentada; y otra para ver su carácter científico tecnológico, relación con la Expresión Gráfica y las Matemáticas.

El cuestionario ha sido contestado por el 93,65% de los estudiantes que forman el conjunto de estudio: 26/28 alumnos del GC y 33/35 del GX. No se han encontrado diferencias significativas entre los componentes de ambos grupos.

El perfil del estudiante tipo para ambos grupos es varón (GC (92,9%) - GX (80,0%)), de entre 18-20 años (GC (96,1%) - GX (87,9%)), de primera matrícula (GC (81,5%) - GX (83,3%)), procedente el curso anterior del bachillerato tecnológico (GC (88,5%) - GX (100,0%)), que han cursado anteriormente la asignatura de dibujo técnico (GC (96,2%) - GX (84,9%)), y que no ha asistido al curso preparatorio sobre dibujo técnico que se ha realizado en la Universidad a principios de curso, estando dispuesto a mejorar su nivel de conocimiento en la Expresión Gráfica en todos los casos.

En la Tabla 53 puede verse un resumen de todos los datos anteriores.

Como características principales podemos nombrar que los participantes tienen un marcado carácter tecnológico, poseyendo portátil el 100,0% de los alumnos de ambos grupos y smartphone el 100,0% del GC y el 96,9% del GX. Tabla 54.

Hacen un uso a diario de las TIC en referencia al portátil (84,7% GC - 90,9% GX), smartphone (100,0% GC - 97,0% GX), e internet (96,2% GC - 100,0% GX), (Tabla 55) El uso de otros elementos como tablet, MP3/MP4, consola o cámara digital es mucho menor, pero hay que observar que el uso de estos dispositivos es similar al de los anteriores. Fig. 142 y Fig. 143.

Estos dispositivos los tienen en la mayoría de los casos desde hace más de dos años PC de mesa (69,3% GC - 60,7% GX), portátil (53,9% GC - 66,7% GX), smartphone (77,0% GC - 87,9% GX) y acceso a internet (88,6% GC - 90,9% GX). (Tabla 56, Fig. 144 y Fig. 145).

El uso del ordenador se centra principalmente en casa (77,0% GC - 93,9% GX) y en la universidad (46,2% GC - 30,3% GX); No usándolo en las otras opciones presentadas, ciber, trabajo o lugar de ocio. Los datos gráficos quedan reflejados en la Fig. 146 y Fig. 147, los datos numéricos en la Tabla 57.

Tabla 53 Datos estadísticos alumnado UMA

I. DATOS ESTADÍSTICOS	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 26	N = 33	χ^2	p
	%	%		
1. Sexo				
Hombre	92,9	80,0	2,100	0,147
Mujer	7,1	20,0		
2. Edad				
<20	96,1	87,9	1,284	0,257
21-25	3,9	12,1		
3. Formas de acceso a los estudios universitarios				
Bachillerato Científico Tecnológico	88,5	100,0	4,012	0,260
Bachillerato de CC.SS.	3,9	0,0		
Ciclo formativo de Grado Superior	3,9	0,0		
Prueba de Acceso	3,9	0,0		
4. Que estabas haciendo el curso anterior:				
Bachillerato	73,1	72,7	1,370	0,713
Un curso universitario	15,4	18,2		
Ciclo formativo de Grado Superior	3,9	0,0		
Otras	7,7	9,1		
5. ¿Has cursado la asignatura de dibujo técnico anteriormente?				
Sí	96,2	84,9	2,035	0,154
No	3,9	15,2		
6. ¿Has asistido al curso preparatorio sobre dibujo técnico que se ha realizado en la Universidad?				
Sí	0,0	0,0	-	n.s.
No	100,0	100,0		
7. ¿Estás dispuesto a mejorar tu nivel de conocimiento en la Expresión Gráfica?				
Sí	100,0	100,0	-	n.s.
No	0,0	0,0		
8. Nº Matrícula / Repetidor				
Primera Matrícula	81,5	83,3	1,338	0,512
Repetidor	18,5	16,7		

El nivel manifestado del dominio de las distintas aplicaciones es medio o medio alto Sistema Operativo (77,0% GC - 60,6% GX), Textos (84,6% GC - 75,8% GX), tablas (65,4% GC - 54,6% GX), Presentaciones (76,9% GC - 75,7% GX), Internet (65,4% GC - 66,7% GX), Software educativo (46,2% GC - 51,5% GX) y Diseño Gráfico (61,6% GC - 66,7% GX).

Tampoco se encuentran diferencias significativas en este apartado. Los datos proceden de la Tabla 58 y la distribución de los datos se refleja en la Fig. 148 y en Fig. 149.

Se puede observar su uso diario del ordenador y de la conexión a internet en la Fig. 150 y en la Fig. 151, así como en la Tabla 59, siendo de 2-4 horas en el caso del uso diario del PC (46,2% GC - 42,4% GX) y en el caso del uso diario de internet (42,3% GC - 24,2% GX).

Respecto del móvil en la mayoría de los casos es 3G, Tabla 60, y con una pantalla superior a 3'5 pulgadas (92,3% GC - 87,8% GX).

El uso de las aplicaciones del móvil es bastante variado: se manifiesta un uso con mucha frecuencia de internet (92,4% GC - 87,9% GX), Whatsapp (88,5% GC - 94,0% GX), apps

(61,6% GC - 60,6% GX), música (69,2% GC - 60,6% GX), videos (46,2% GC - 30,3% GX) y cámara (46,2% GC - 39,4% GX).

No usándose apenas otras opciones, que se manifiestan no usar nunca los sms (57,7% GC - 42,5% GX), ni los mms (88,5% GC - 72,7% GX). Véase Tabla 61. La distribución de los datos gráficos se refleja en la Fig. 152 y Fig. 153.

Respecto de la conexión a internet se realiza mayoritariamente con el portátil o con el móvil, declarando un uso diario de ambos: portátil (57,7% GC - 75,7% GX) y móvil (92,4% GC - 97,0% GX).

El resto de elementos tiene menor uso en este apartado. Se han obtenido valores en el apartado no lo utilizo de: PC de mesa (50,1% GC - 57,5% GX), tablet (53,8% GC - 57,5% GX) y consolas (50,1% GC - 60,5% GX), valores muy relacionados con la posesión o no de dichos dispositivos.

Los datos quedan plasmados en la Fig. 154 y en la Fig. 155. También los datos numéricos de dicha distribución se encuentran en la Tabla 62.

El lugar con más conexión es la casa y con el móvil, Tabla 63, declarando que se hace a diario casa (84,7% GC - 94,0% GX), móvil (92,4% GC - 90,9% GX). Destaca otro lugar para la conexión en este mismo apartado: la universidad (46,1% GC - 33,3% GX).

El resto de elementos tiene valores residuales, manifestando que no se usa en los siguientes porcentajes: Ciber (100,0% GC - 97,0% GX) y trabajo (80,8% GC - 78,8% GX), puesto que no trabajan en un porcentaje muy alto.

Un elemento repartido en todas las opciones son las Wi-Fi públicas. La opción para este elemento mayor es la que no se usa, (34,6% GC - 42,4% GX). Fig. 156 y Fig. 157.

En una comparativa respecto del uso diario de estas tecnologías se observa que, respecto del uso del ordenador y de la conexión a internet el porcentaje superior se encuentra en la banda central de 2 a 4 horas para ambos grupos para el PC (46,2% GC - 42,4% GX) aunque el respecto del uso de internet parece ser algo superior en el grupo experimental. Fig. 150 y Fig. 151. (Tabla 59) (M = 3,27 H SD = 1,116 - M = 3,58 H SD = 1,091 GX); lo cual contrasta con la visualización de modelos 3D en ambos grupos que mayoritariamente ha sido usado poco o casi nada. Fig. 158 (Tabla 65)

Tabla 54 TICs alumnado UMA

II. TICs	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 26	N = 33	χ^2	p
	%	%		
9. Señala qué tipo de Tecnologías de la Información (TICs) tienes: (Marca todas las que creas convenientes) (Sí/No)				
Ordenador de Mesa	73,1	51,5	2,842	0,092
PC Portátil	100,0	100,0	-	n.s.
Smartphone	100,0	96,9	0,801	0,371
Acceso personal a Internet	92,3	100,0	2,628	0,105
Tablet	50,0	39,3	0,664	0,415
MP3/MP4	65,3	48,4	1,685	0,194
Consola	65,3	63,6	0,190	0,889
Cámara digital	42,3	48,4	0,224	0,636

Tabla 55 Uso de las TICs y frecuencia alumnado UMA

10. Señala las TICs que usas y con qué frecuencia:

	(GC N = 26) (GX N = 33)	No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
PC MESA	GC	9	34,7	5	19,2	4	15,4	3	11,5	5	19,2	5,891	0,207
	GX	16	48,5	11	33,3	3	9,1	1	3,0	2	6,1		
PORTÁTIL	GC	1	3,8	0	0,0	0	0,0	3	11,5	22	84,7	1,420	0,492
	GX	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	9,1	30	90,9		
SMART PHONE	GC	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	26	100,0	0,801	0,371
	GX	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	3,0	32	97,0		
INTERNET	GC	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	3,8	25	96,2	1,291	0,256
	GX	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	33	100,0		
TABLET	GC	17	65,4	2	7,7	2	7,7	3	11,5	2	7,7	0,911	0,923
	GX	20	60,6	2	6,1	3	9,1	3	9,1	5	15,1		
MP3/MP4	GC	11	42,3	2	7,7	5	19,2	3	11,5	5	19,2	7,784	0,100
	GX	19	57,5	8	24,2	2	6,1	2	6,1	2	6,1		
CONSOLA	GC	11	42,3	8	30,7	4	15,4	3	11,5	0	0,0	4,536	0,338
	GX	14	42,4	12	36,4	3	9,1	1	3,0	3	9,1		
CAMARA DIGITAL	GC	20	76,9	2	7,7	4	15,4	0	0,0	0	0,0	5,875	0,118
	GX	19	57,6	9	27,2	3	9,1	2	6,1	0	0,0		

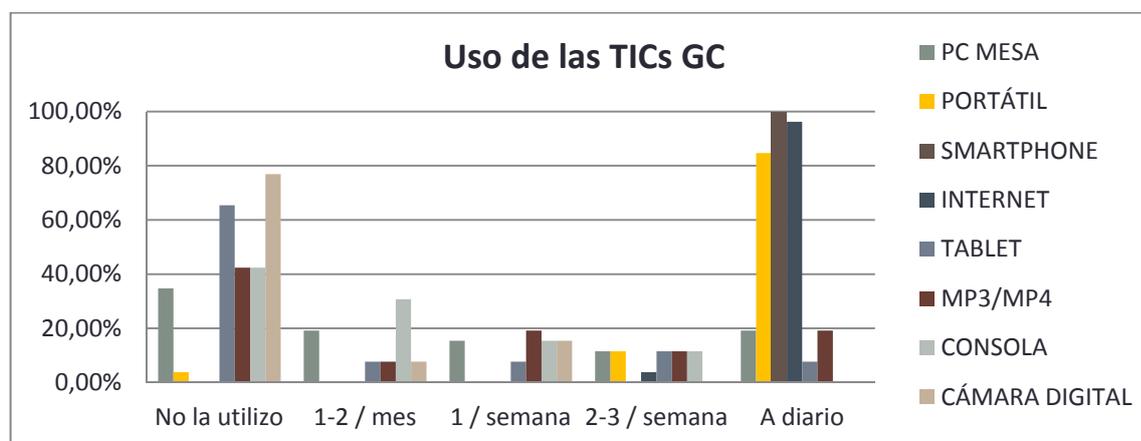


Fig. 142 Uso de las TICs GC alumnado UMA

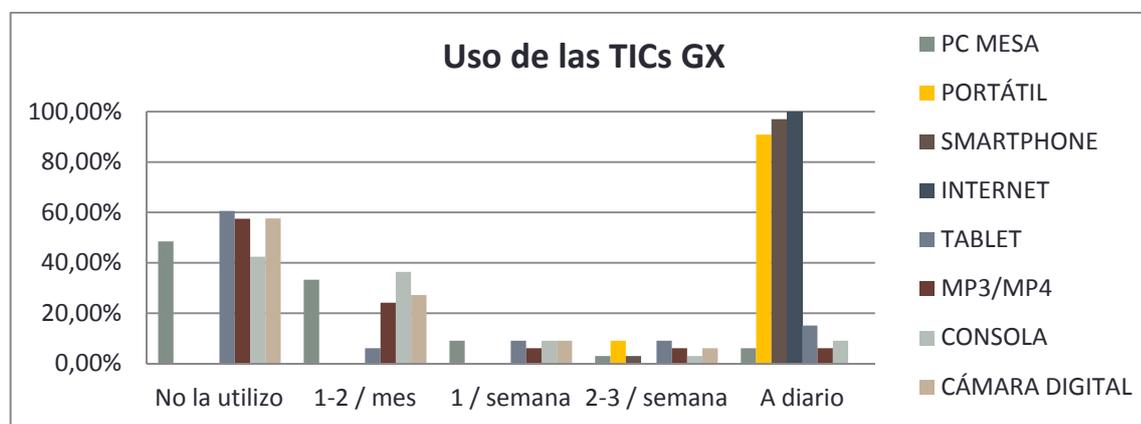


Fig. 143 Uso de las TICs GX alumnado UMA

Tabla 56 Experiencia temporal en el uso de las TICs alumnado UMA

11. Señala desde cuando usas las TICs:

	(GC N = 26) (GX N = 33)	No lo utilizo		0-6 Meses		6-12 Meses		1-2 años		>2 años		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
PC MESA	GC	6	23,1	1	3,8	0	0,0	1	3,8	18	69,3	2,785	0,595
	GX	11	33,3	0	0,0	1	3,0	1	3,0	20	60,7		
PORTÁTIL	GC	1	3,8	6	23,1	1	3,8	4	15,4	14	53,9	4,225	0,376
	GX	0	0,0	4	12,1	0	0,0	7	21,2	22	66,7		
SMART PHONE	GC	0	0,0	1	3,8	0	0,0	5	19,2	20	77,0	3,370	0,338
	GX	0	0,0	0	0,0	1	3,0	3	9,1	29	87,9		
INTERNET	GC	1	3,8	1	3,8	0	0,0	1	3,8	23	88,6	6,181	0,186
	GX	0	0,0	0	0,0	3	9,1	0	0,0	30	90,9		
TABLET	GC	14	53,9	2	7,7	0	0,0	5	19,2	5	19,2	1,338	0,720
	GX	19	57,6	3	9,1	0	0,0	3	9,1	8	24,2		
MP3/MP4	GC	10	38,5	1	3,8	1	3,8	1	3,8	13	50,1	2,724	0,605
	GX	13	39,4	0	0,0	1	3,0	0	0,0	19	57,6		
CONSOLA	GC	7	26,9	0	0,0	1	3,8	1	3,8	17	65,5	1,452	0,693
	GX	8	24,2	0	0,0	1	3,0	0	0,0	24	72,8		
CAMARA DIGITAL	GC	13	50,0	1	3,8	0	0,0	2	7,7	10	38,5	3,343	0,342
	GX	13	39,4	0	0,0	0	0,0	1	3,0	19	57,6		

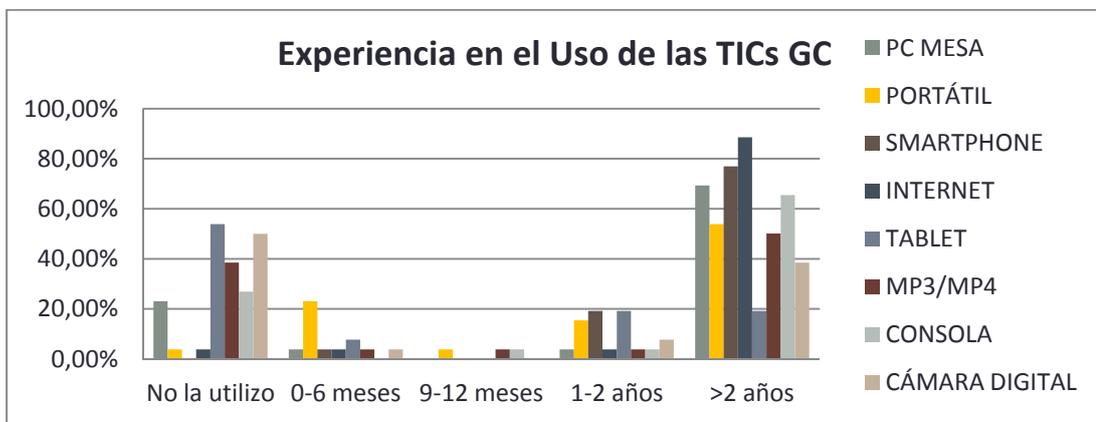


Fig. 144 Experiencia temporal en el uso de las TICs GC alumnado UMA

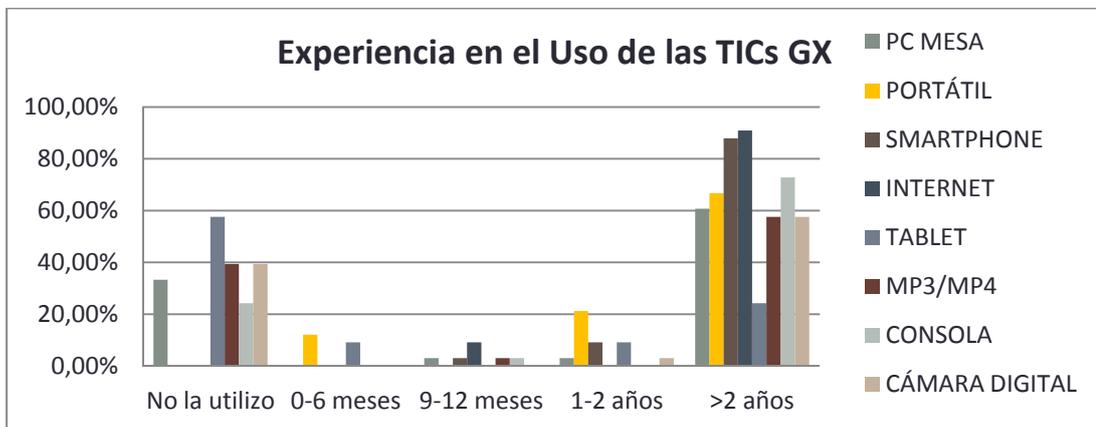


Fig. 145 Experiencia temporal en el uso de las TICs GX alumnado UMA

III. PC/PORTÁTIL Y APLICACIONES

Tabla 57 Uso del PC/portátil y frecuencia alumnado UMA

12. Indica dónde sueles usar el ordenador y con qué frecuencia:

	(GC N = 26) (GX N = 33)	No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
CASA	GC	1	3,8	0	0,0	1	3,8	4	15,4	20	77,0	4,269	0,234
	GX	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	6,1	31	93,9		
CIBER	GC	26	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,801	0,371
	GX	32	97,0	1	3,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
TRABAJO	GC	21	80,8	0	0,0	0	0,0	3	11,5	2	7,7	0,914	0,822
	GX	26	78,8	1	3,0	0	0,0	3	9,1	3	9,1		
UNIVERSIDAD	GC	1	3,8	0	0,0	1	3,8	12	46,2	12	46,2	3,737	0,443
	GX	0	0,0	1	3,0	2	6,1	20	60,6	10	30,3		
LUGAR OCIO	GC	21	80,8	2	7,7	2	7,7	1	3,8	0	0,0	1,726	0,786
	GX	26	78,9	4	12,1	1	3,0	1	3,0	1	3,0		

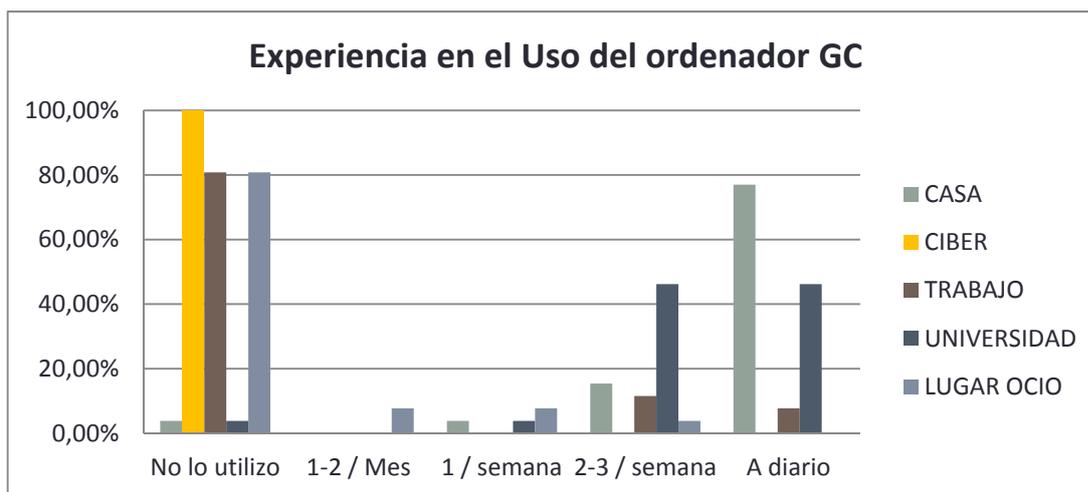


Fig. 146 Experiencia en el uso del PC/portátil y frecuencia GC alumnado UMA

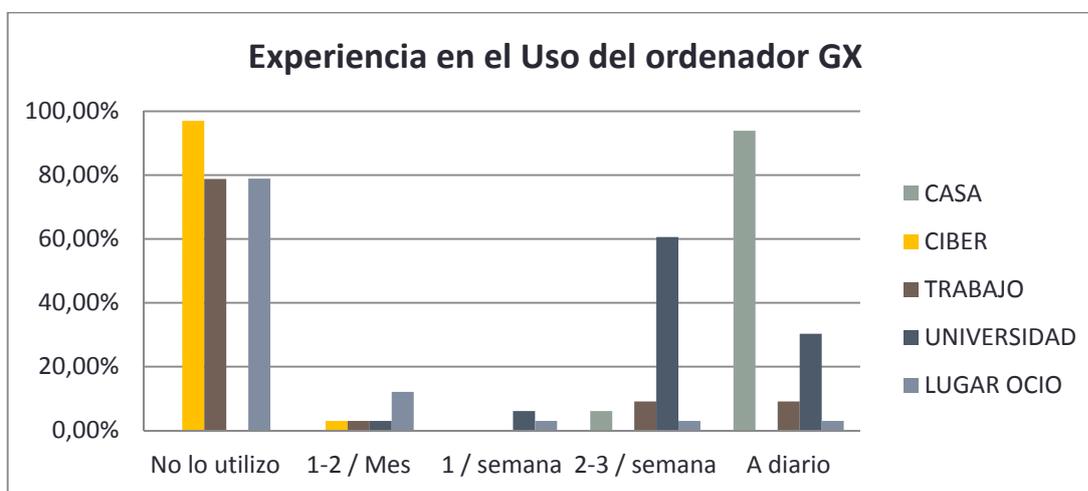


Fig. 147 Experiencia en el uso del PC/portátil y frecuencia GX alumnado UMA

Tabla 58 Nivel del Software usado alumnado UMA

13. Indica qué tipo de software o programas sabes utilizar y con qué nivel:

	(GC N = 26) (GX N = 33)	No sé usarlo		Nivel Bajo		Nivel Medio		Nivel Medio-Alto		Nivel Alto		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
SISTEMA OPERATIVO	GC	0	0,0	1	3,8	10	38,5	10	38,5	5	19,2	2,244	0,523
	GX	0	0,0	4	12,1	9	27,3	11	33,3	9	27,3		
TEXTOS	GC	0	0,0	1	3,8	5	19,2	17	65,4	3	11,5	6,756	0,080
	GX	0	0,0	4	12,1	14	42,5	11	33,3	4	12,1		
TABLAS	GC	1	3,8	6	23,1	11	42,3	6	23,1	2	7,7	2,363	0,669
	GX	4	12,1	9	27,3	14	42,5	4	12,1	2	6,1		
PRESENTAR PONENCIAS	GC	0	0,0	2	7,7	13	50,0	7	26,9	4	15,4	2,370	0,499
	GX	0	0,0	4	12,1	11	33,3	14	42,4	4	12,1		
INTERNET	GC	0	0,0	0	0,0	4	15,4	13	50,0	9	34,6	0,335	0,846
	GX	0	0,0	0	0,0	7	21,2	15	45,5	11	33,3		
SOFTWARE EDUCATIVO	GC	3	11,5	9	34,6	8	30,8	4	15,4	2	7,7	1,434	0,838
	GX	6	18,2	9	27,3	12	36,3	5	15,2	1	3,0		
DISEÑO GRAFICO	GC	3	11,5	6	23,1	11	42,3	5	19,2	1	3,8	0,682	0,954
	GX	2	6,1	8	24,2	16	48,5	6	18,2	1	3,0		

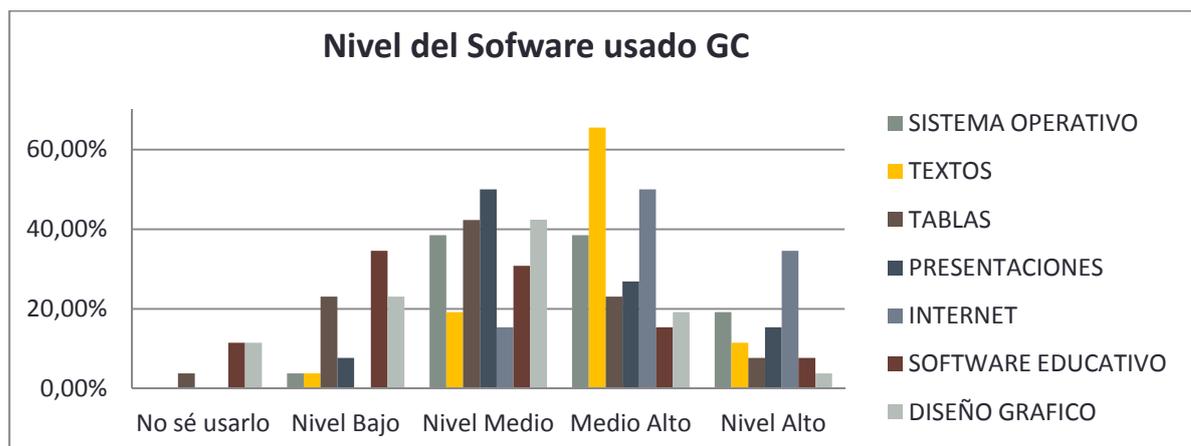


Fig. 148 Nivel del Software usado GC alumnado UMA

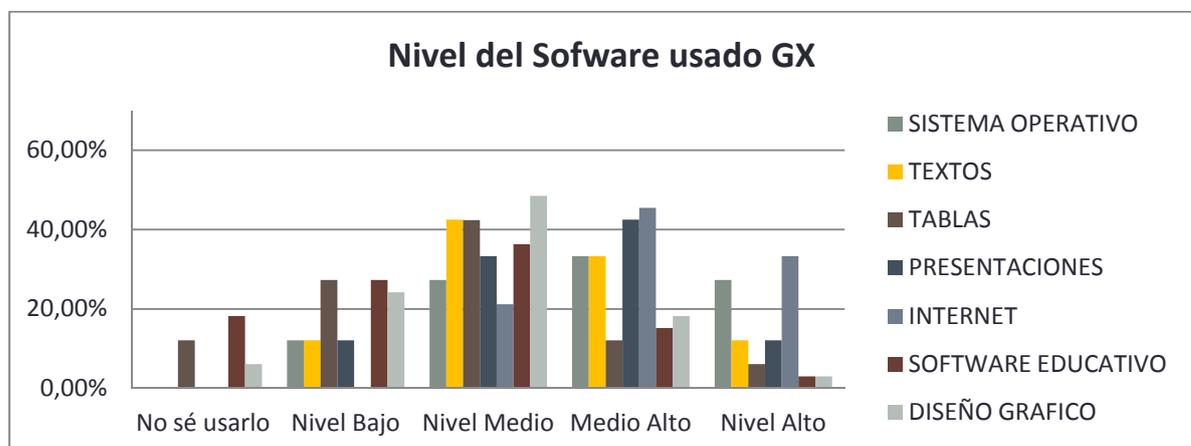


Fig. 149 Nivel del Software usado GX alumnado UMA

Tabla 59 Uso diario de las TICs alumnado UMA

14. Indica el uso diario que haces de las TICs:													
	(GC N = 26) (GX N = 33)	<1 Hora		1-2 Horas		2-4 Horas		4-8 Horas		>8 Horas		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
USO DIARIO PC	GC	2	7,7	9	34,6	12	46,2	3	11,5	0	0,0	4,791	0,309
	GX	3	9,1	6	18,2	14	42,4	7	21,2	3	9,1		
CONEXIÓN DIARIA A INTERNET	GC	2	7,7	3	11,5	11	42,3	6	23,1	4	15,4	3,342	0,502
	GX	1	3,0	5	15,2	8	24,2	12	36,4	7	21,2		

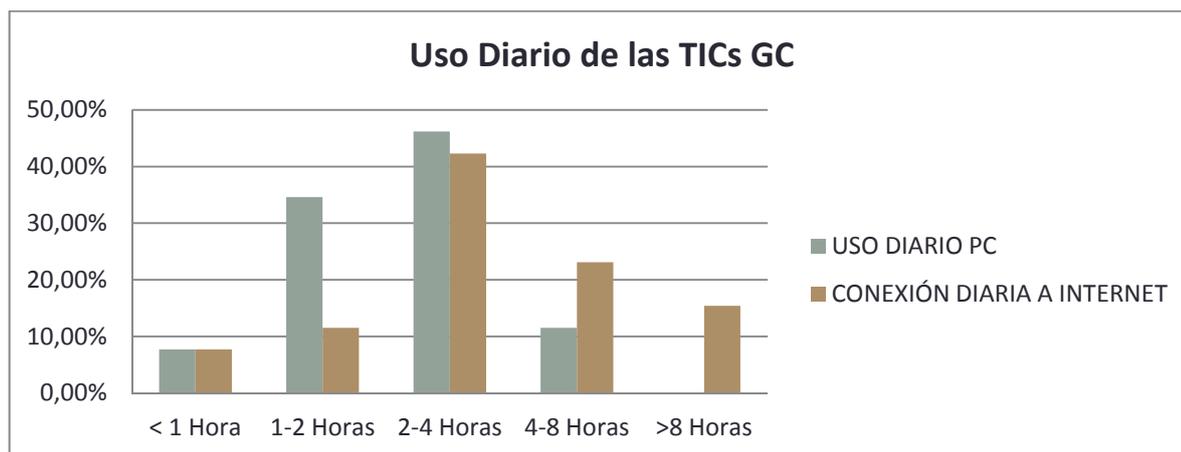


Fig. 150 Uso diario de las TICs GC alumnado UMA

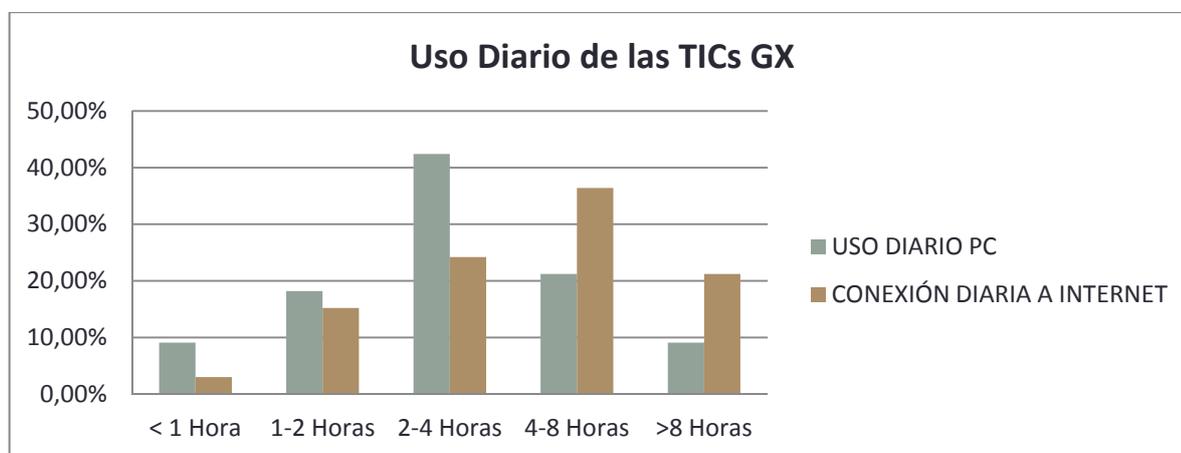


Fig. 151 Uso diario de las TICs GX alumnado UMA

Tabla 60 Móviles alumnado UMA

IV. MÓVILES	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 26	N = 33	χ^2	p
15. ¿Es tu móvil 3G?				
Sí	92,3	87,8	0,312	0,576
No	7,6	12,1		
16. ¿Posee una Pantalla mayor que 3'5 pulgadas?				
Sí	92,3	87,8	0,312	0,576
No	7,6	12,1		

Tabla 61 Opciones usadas en el móvil alumnado UMA

17. ¿Qué opciones del teléfono móvil utilizas?													
	(GC N = 26) (GX N = 33)	Nunca		Poco		A menudo		Bastante		Mucho		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
INTERNET	GC	0	0,0	0	0,0	1	3,8	1	3,8	24	92,4	0,988	0,804
	GX	0	0,0	1	3,0	1	3,0	2	6,1	29	87,9		
SMS	GC	15	57,7	9	34,6	2	7,7	0	0,0	0	0,0	1,146	0,564
	GX	15	45,5	16	48,4	2	6,1	0	0,0	0	0,0		
MMS	GC	23	88,5	3	11,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3,236	0,357
	GX	24	72,7	6	18,2	2	6,1	0	0,0	1	3,0		
WHATSAPP	GC	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	11,5	23	88,5	2,388	0,303
	GX	0	0,0	0	0,0	1	3,0	1	3,0	31	94,0		
APPS	GC	2	7,7	1	3,8	2	7,7	5	19,2	16	61,6	1,299	0,862
	GX	1	3,0	3	9,1	2	6,1	7	21,2	20	60,6		
MÚSICA	GC	0	0,0	0	0,0	2	7,7	6	23,1	18	69,2	4,09	0,394
	GX	1	3,0	3	9,1	4	12,1	5	15,2	20	60,6		
VIDEOS	GC	0	0,0	2	7,7	8	30,7	4	15,4	12	46,2	3,049	0,384
	GX	0	0,0	7	21,2	9	27,3	7	21,2	10	30,3		
CÁMARA	GC	1	3,8	2	7,7	5	19,2	6	23,1	12	46,2	1,276	0,786
	GX	0	0,0	3	9,1	8	24,2	9	27,3	13	39,4		

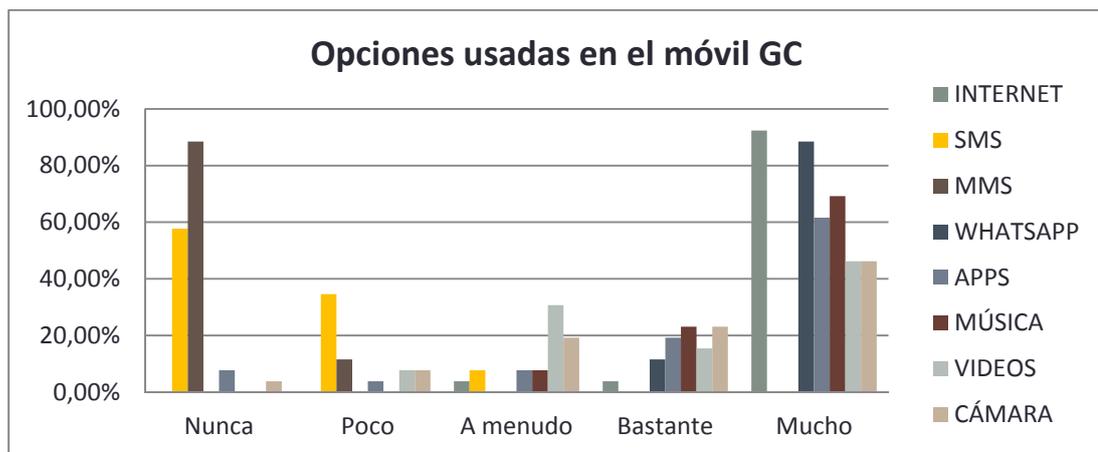


Fig. 152 Opciones usadas en el móvil GC alumnado UMA

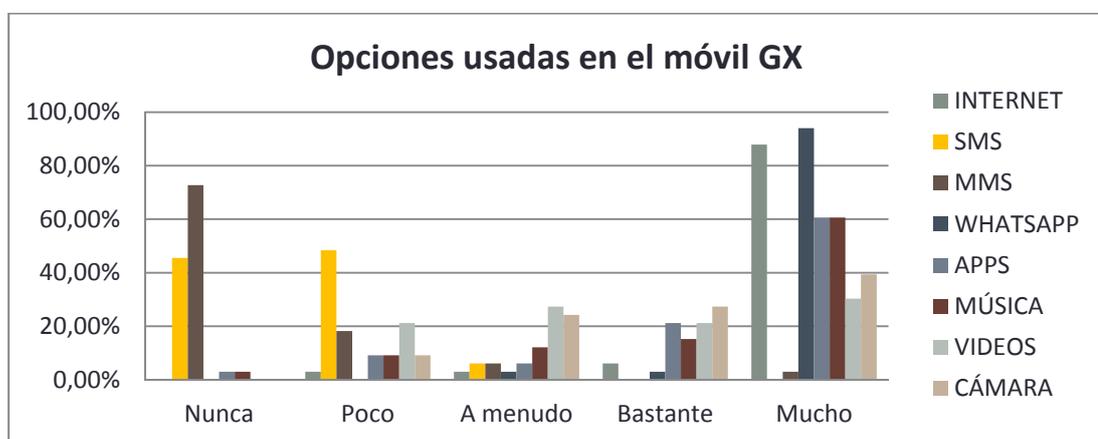


Fig. 153 Opciones usadas en el móvil GX alumnado UMA

V. INTERNET, REDES SOCIALES Y OTRAS HERRAMIENTAS

Tabla 62 Dispositivo para conexión a internet alumnado UMA

18. ¿Qué dispositivo utilizas para conectarte a Internet normalmente?

		No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
PC MESA	GC	13	50,1	3	11,5	4	15,4	3	11,5	3	11,5	6,732	0,151
	GX	19	57,5	9	27,3	3	9,1	0	0,0	2	6,1		
PORTÁTIL	GC	0	0,0	1	3,8	2	7,7	8	30,8	15	57,7	2,997	0,392
	GX	0	0,0	0	0,0	2	6,1	6	18,2	25	75,7		
MÓVIL	GC	0	0,0	0	0,0	1	3,8	1	3,8	24	92,4	1,331	0,514
	GX	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	3,0	32	97,0		
TABLET	GC	14	53,8	6	23,1	2	7,7	2	7,7	2	7,7	6,359	0,174
	GX	19	57,5	1	3,0	3	9,1	5	15,2	5	15,2		
CONSOLAS	GC	13	50,1	7	26,9	3	11,5	3	11,5	0	0,0	4,190	0,381
	GX	20	60,5	6	18,2	2	6,1	2	6,1	3	9,1		

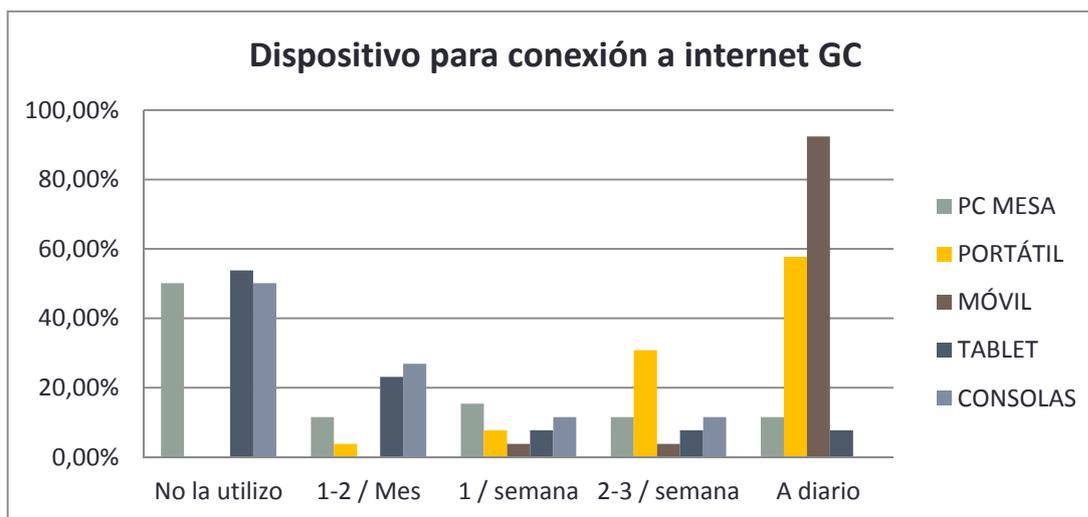


Fig. 154 Dispositivo para conexión a internet GC alumnado UMA

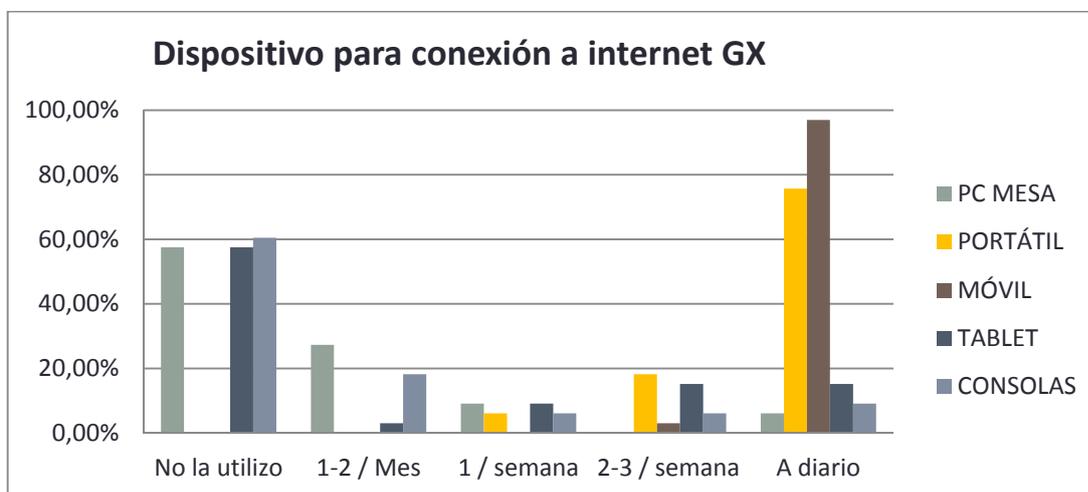


Fig. 155 Dispositivo para conexión a internet GX alumnado UMA

Tabla 63 Lugar y frecuencia de conexión a internet alumnado UMA

19. Indica dónde te sueles conectar a Internet y con qué frecuencia:

	(GC N = 26) (GX N = 33)	No lo utilizo		1-2 / Mes		1 / semana		2-3 / semana		A diario		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
CASA	GC	1	3,8	0	0,0	0	0,0	3	11,5	22	84,7	0,751	0,290
	GX	0	0,0	1	3,0	0	0,0	1	3,0	31	94,0		
CIBER	GC	26	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,801	0,371
	GX	32	97,0	1	3,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
TRABAJO	GC	21	80,8	0	0,0	1	3,8	4	15,4	0	0,0	2,885	0,577
	GX	26	78,8	1	3,0	1	3,0	3	9,1	2	6,1		
UNIVERSIDAD	GC	2	7,7	0	0,0	2	7,7	10	38,5	12	46,1	3,124	0,537
	GX	2	6,1	3	9,1	3	9,1	14	42,4	11	33,3		
MOVIL PERSONAL	GC	0	0,0	0	0,0	1	3,8	1	3,8	24	92,4	2,200	0,532
	GX	0	0,0	1	3,0	2	6,1	0	0,0	30	90,9		
OTRAS WI-FI	GC	9	34,6	6	23,1	6	23,1	3	11,5	2	7,7	1,454	0,835
	GX	14	42,4	7	21,2	4	12,1	5	15,2	3	9,1		

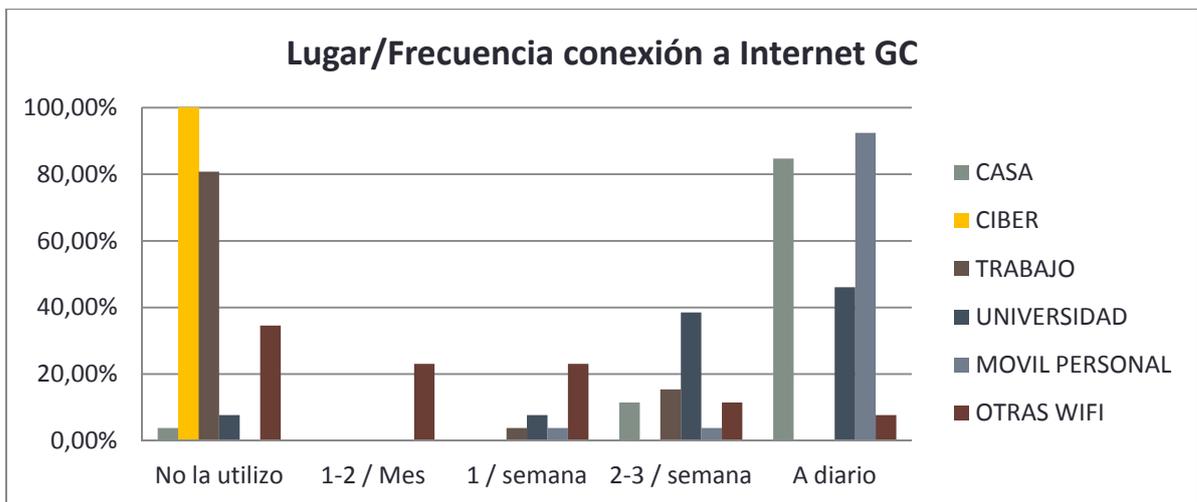


Fig. 156 Lugar y frecuencia de conexión a internet GC alumnado UMA

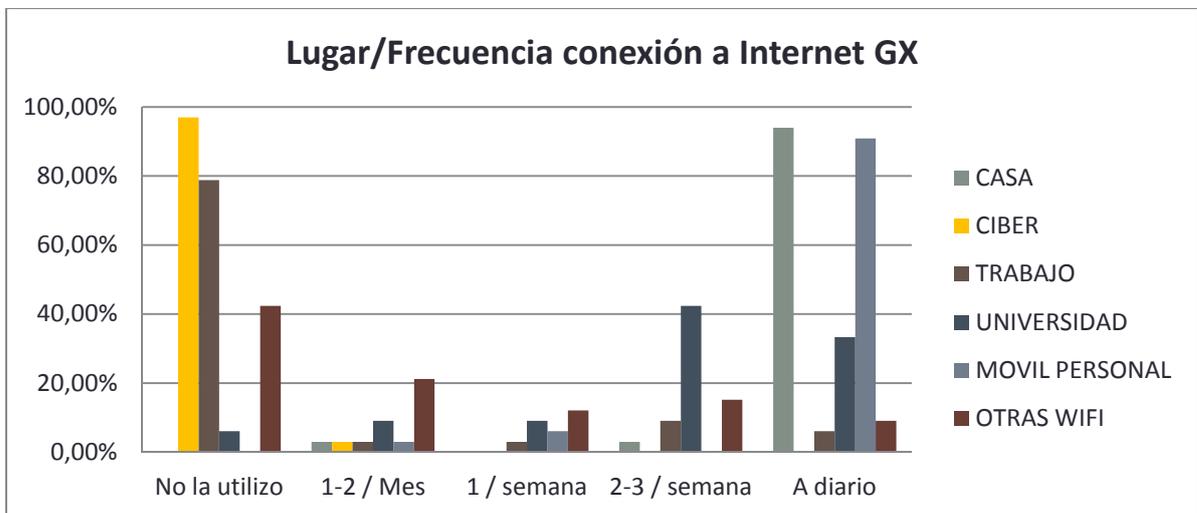


Fig. 157 Lugar y frecuencia de conexión a internet GX alumnado UMA

Tabla 64 Realidad Aumentada alumnado UMA

VI. REALIDAD AMPLIADA	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 26	N = 33	χ^2	p
	%	%		
20. ¿Sabías qué era la Realidad Aumentada antes de comenzar estos estudios?				
Sí	53,8	57,5	0,082	0,775
No	46,1	42,4		
21. ¿Cómo has conocido la Realidad Aumentada? (marca todas las que creas convenientes)				
Profesor	42,3	63,6	2,665	0,103
Publicidad	15,3	15,1	0,001	0,980
Internet	69,2	45,4	3,335	0,068
Amigos	15,3	15,1	0,001	0,980
22. ¿Crees que puede ser útil en tus estudios?				
Sí	100,0	100,0	-	n.s.
No	0,0	0,0		
23. ¿Crees que aplicar la Realidad Aumentada puede mejorar tus presentaciones?				
Sí	96,1	100,0	1,291	0,256
No	3,8	0,0		
24. ¿Crees que la Realidad Aumentada será complicada en su aplicación?				
Sí	38,4	27,2	0,834	0,361
No	61,5	72,7		
25. ¿Crees que la Realidad Aumentada puede ser una limitación para el usuario final?				
Sí	23,0	18,1	0,215	0,643
No	76,9	81,8		

Tabla 65 Visualización de modelos 3D alumnado UMA

26. ¿Has usado alguna vez algún dispositivo para visualizar objetos 3D?												χ^2	p
(GC N = 26)	(GX N = 33)	Nunca		Rara vez		Alguna vez		Bastantes veces		Muchas veces			
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
VER	GC	5	19,2	4	15,4	15	57,8	1	3,8	1	3,8	4,567	0,335
MODELOS 3D	GX	10	30,3	8	24,2	12	36,4	3	9,1	0	0,0		

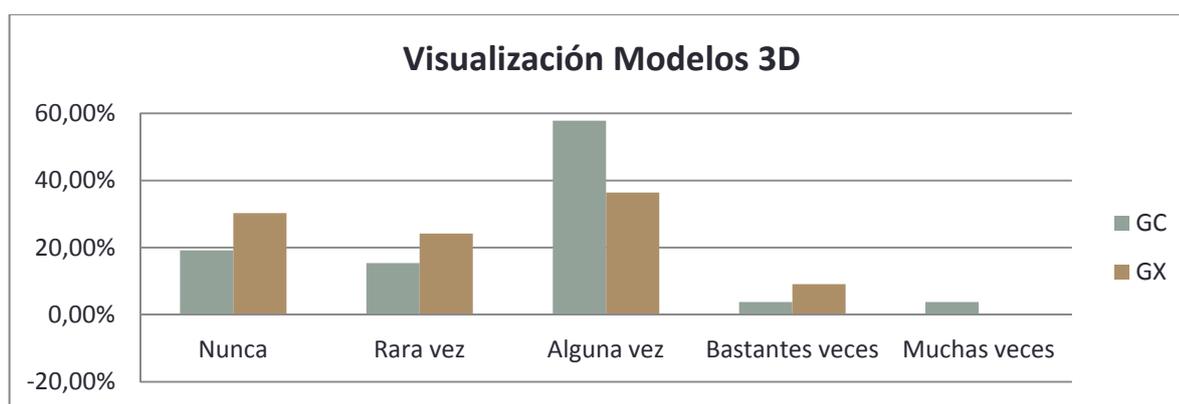


Fig. 158 Visualización de modelos 3D GC y GX alumnado UMA

La realidad aumenta no es una gran conocida entre los participantes del estudio, sabían de su existencia (53,85% GC - 57,58% GX), y la mayoría de ellos la había conocido por internet (62,23% GC - 42,42% GX). Muchos de ellos manifiestan que ha sido el profesor el que le ha hablado por primera vez de esta tecnología para visualizar objetos en 3D (42,31% GC - 63,64% GX). Tabla 64.

Todos los encuestados piensan que puede ser útil en sus estudios (100,00% GC - 100,00% GX) y que puede mejorar las presentaciones (96,15% GC - 100,00% GX). Sin embargo, cuando hablamos de que si piensan que será complicado se manifiesta en (38,46% GC - 27,27% GX). Algunos, menos, manifiestan que puede ser una limitación para el usuario final (23,08% GC - 18,18% GX).

VII. EXPRESIÓN GRÁFICA versus MATEMÁTICAS

Tabla 66 Expresión Gráfica vs Matemáticas alumnado UMA

27. De las siguientes frases valora como te sientes identificado/a con ellas:
(1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)

		Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
EM01	GC	0	0,0	0	0,0	10	38,5	13	50,0	3	11,5	3,612	0,461
	GX	1	3,0	1	3,0	15	45,5	10	30,3	6	18,2		
EM02	GC	0	0,0	0	0,0	7	26,9	13	50,0	6	23,1	6,721	0,081
	GX	0	0,0	3	9,1	8	24,2	8	24,2	14	42,5		
EM03	GC	1	3,8	5	19,2	6	23,1	12	46,2	2	7,7	3,780	0,437
	GX	3	9,1	6	18,2	12	36,4	8	24,2	4	12,1		
EM04	GC	0	0,0	2	7,7	4	15,4	13	50,0	7	26,9	4,153	0,386
	GX	4	12,1	2	6,1	7	21,2	12	36,4	8	24,2		
EM05	GC	0	0,0	3	11,5	14	53,8	7	26,9	2	7,7	4,229	0,376
	GX	2	6,1	1	3,0	14	42,4	13	39,4	3	9,1		
EM06	GC	0	0,0	4	15,4	13	50,0	7	26,9	2	7,7	1,524	0,677
	GX	0	0,0	4	12,1	13	39,4	14	42,4	2	6,1		
EM07	GC	1	3,8	1	3,8	11	42,3	9	34,6	4	15,4	0,691	0,141
	GX	0	0,0	3	9,1	6	18,2	20	60,6	4	12,1		
EM08	GC	3	11,5	3	11,5	10	38,5	8	30,8	2	7,7	6,212	0,184
	GX	0	0,0	1	3,0	17	51,5	11	33,4	4	12,1		
EM09	GC	0	0,0	2	7,7	7	26,9	13	50,0	4	15,4	0,386	0,943
	GX	0	0,0	2	6,1	9	27,3	15	45,4	7	21,2		
EM10	GC	1	3,8	2	7,7	13	50,0	6	23,1	4	15,4	6,439	0,169
	GX	1	3,0	4	12,1	11	33,3	16	48,6	1	3,0		
EM11	GC	3	11,5	9	34,6	5	19,2	7	26,9	2	7,7	0,135	0,998
	GX	4	12,1	11	33,3	6	18,2	10	30,3	2	6,1		

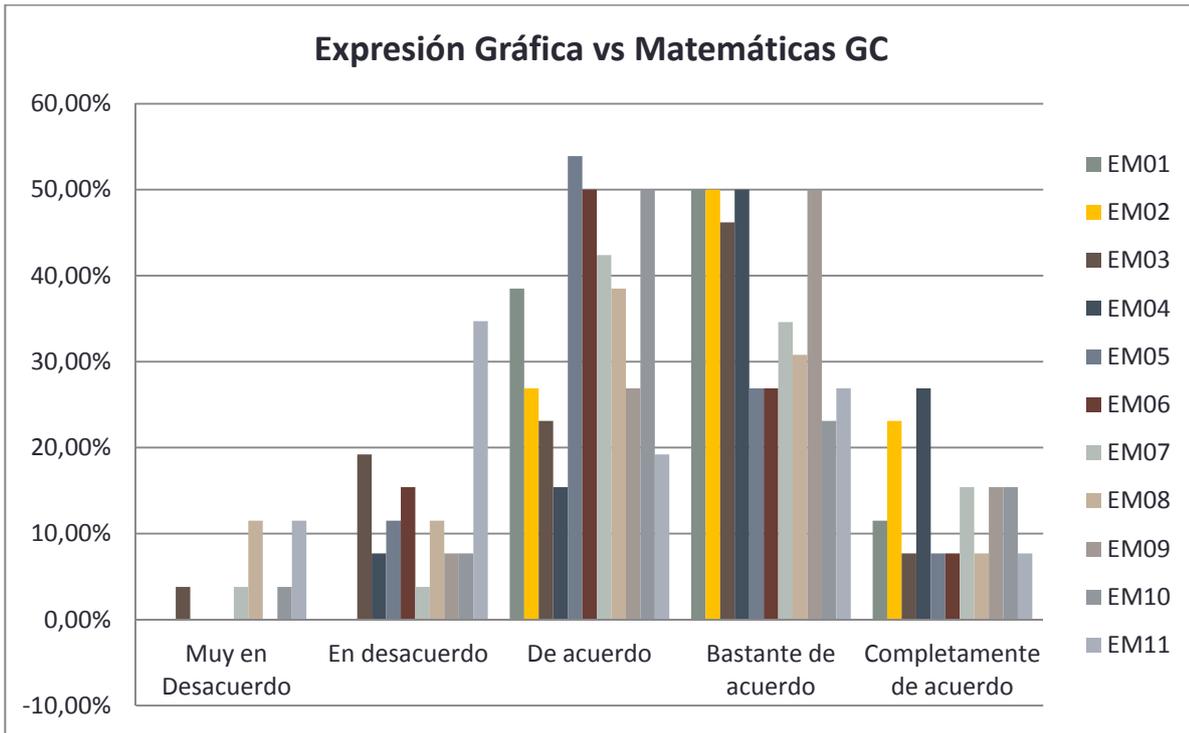


Fig. 159 Expresión Gráfica vs Matemáticas GC alumnado UMA

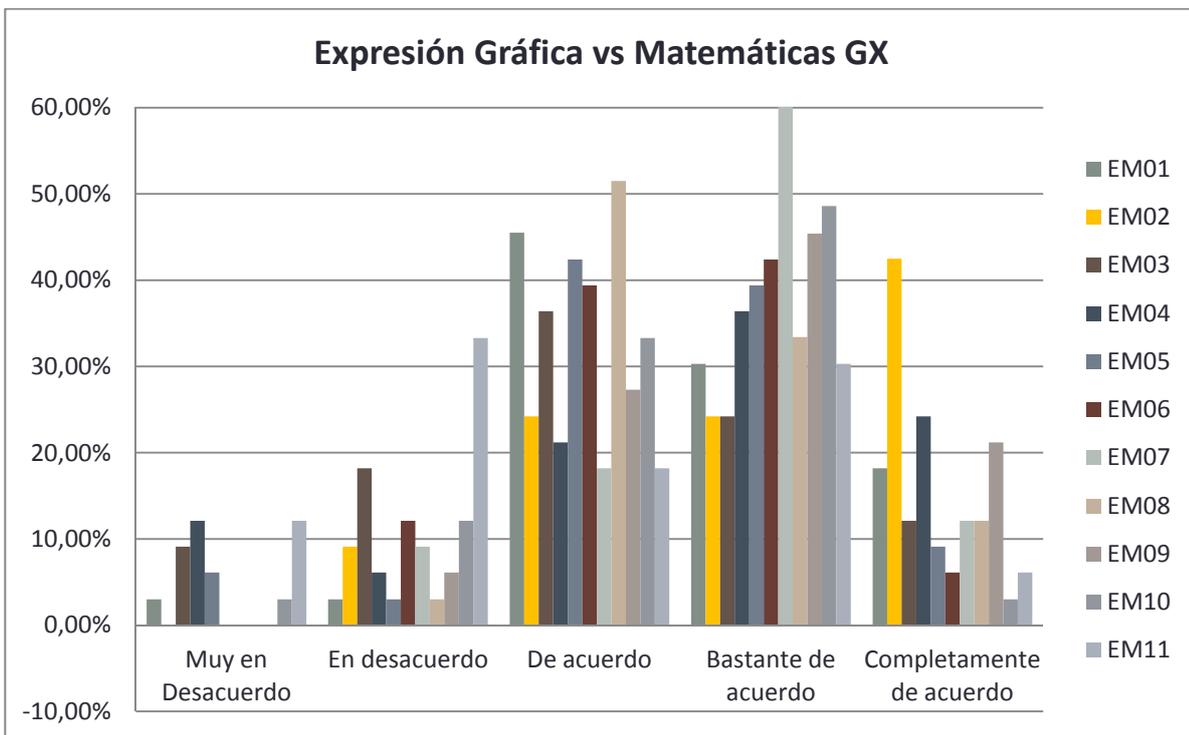


Fig. 160 Expresión Gráfica vs Matemáticas GX alumnado UMA

Respecto de las preguntas realizadas sobre las asignaturas en referencia al dibujo y las Matemáticas, presentan en general un perfil intermedio en ambos grupos predominando las opciones de podría estar de acuerdo o bastante de acuerdo en todas las cuestiones planteadas. Estas apreciaciones se pueden observar en los gráficos presentados: Tabla 66 y en la Fig. 159 y en la Fig. 160.

La encuesta del perfil académico de los alumnos poseía 11 ítems, escala Likert (1 a 5). La puntuación total de la misma, podía variar entre 11 y 55 puntos. Los estadísticos totales se pueden ver en la Tabla 67 y en la Tabla 68. Para GC (M = 38,19, SD = 5,47, Máx. = 48, mín. = 27) y para GX (M = 38,42, SD = 4,70, Máx. = 48, mín. = 27). Se agruparon los resultados en una escala de tal manera que los alumnos se clasificaron en su perfil académico tecnológico con los siguientes perfiles en función de la puntuación: (11-19) Bajo perfil, (20-28) Medio-Bajo, (29-37) Medio, (38-46) Medio-Alto y (47-55) Alto. Alfa de Cronbach de la escala total de los 11 elemento 0,669. Véase Fig. 161.

Tabla 67 Resumen de estadísticos alumnado UMA

	GC	GX	Diferencia de medias		
	N = 26	N = 33	MGX - MGC	Z	p
Perfil académico	M (SD)	M (SD)			
	38,19 (5,47)	38,42(4,70)	0,23 (-0,77)	0,207	0,836

Tabla 68 Perfil académico alumnado UMA

PERFIL ACADÉMICO	GC	Bajo 11-19		Medio-Bajo 20-28		Medio 29-37		Medio-Alto 38-46		Alto 47-55		Z	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		GX	0	0,0	2	7,7	10	38,5	13	50,0	1		
		0	0,0	1	3,0	13	39,5	18	54,5	1	3,0		

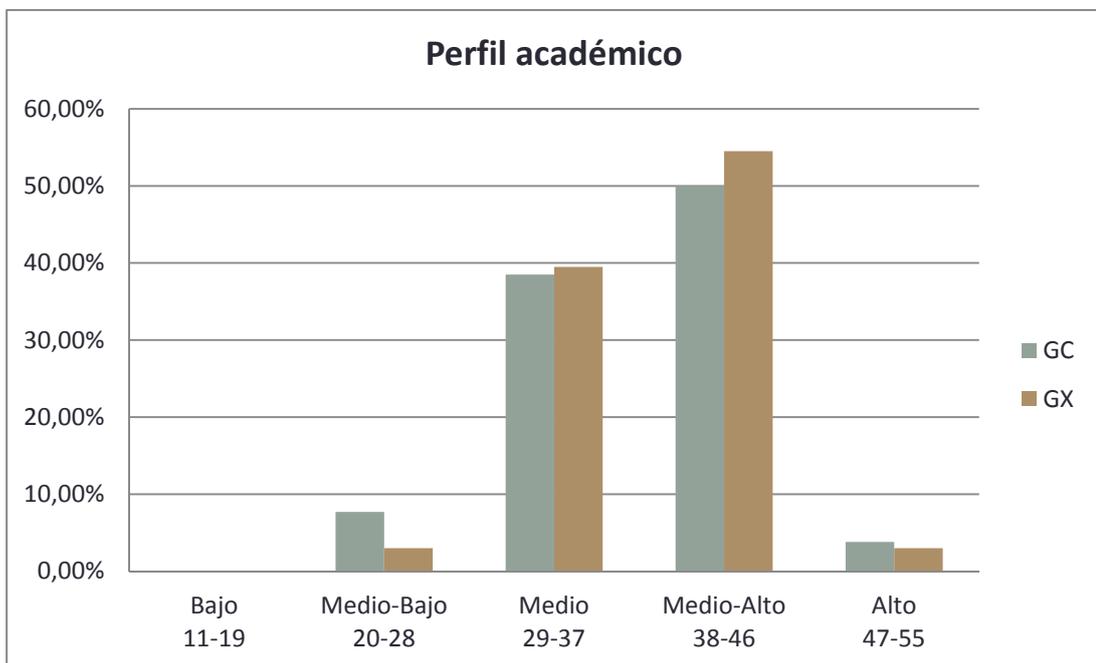


Fig. 161 Perfil académico GC y GX alumnado UMA

En cuanto al Perfil académico de ambos grupos, tras determinar por la prueba de Shapiro Wilk que no se correspondía a una distribución normal de la variable dependiente, y se comprobó mediante la Prueba U de Mann-Whitney, p-valor = 0,836 > 0,05, que no existen diferencias significativas entre los grupos. Por lo tanto, se acepta que no existe una diferencia significativa entre los perfiles académicos de ambos grupos, previa al

experimento. Por lo tanto, se pudo afirmar que los dos grupos son comparables y que los componentes de ambos grupos muestran perfiles Medio-Alto.

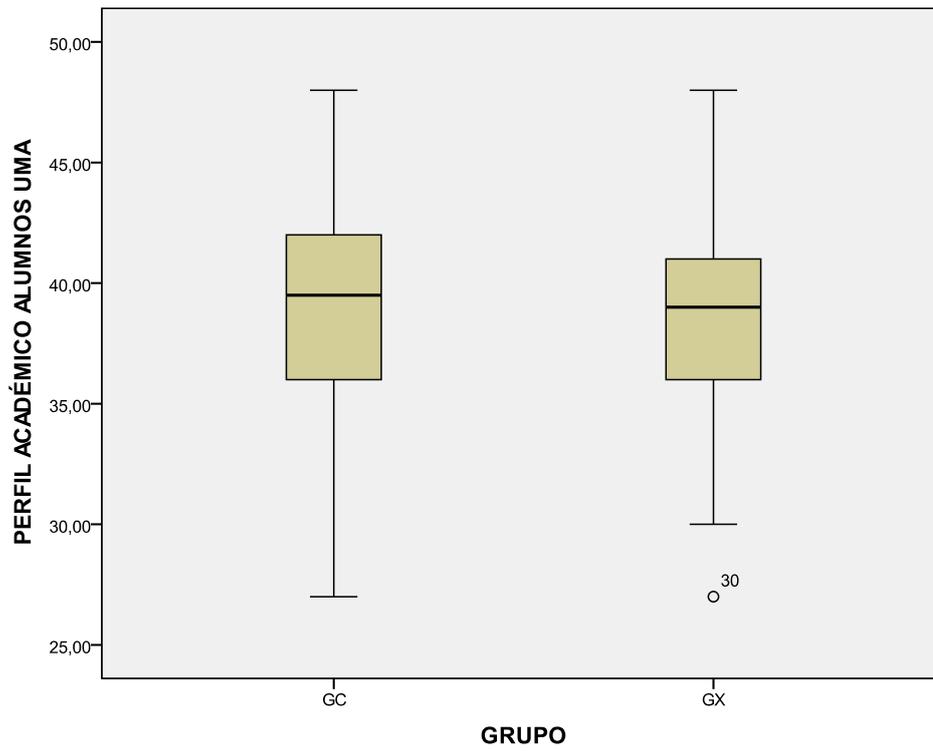


Fig. 162 Diagrama del perfil académico alumnado UMA ambos grupos

5.8. Primera pregunta de investigación

Q1. ¿Existe alguna diferencia en la capacidad de visualización espacial debido a la utilización en el proceso de enseñanza aprendizaje de los modelos 3D?

Para evaluar la modificación de la capacidad de visualización espacial en ambos grupos, y determinar si la incorporación de los modelos 3D a las clases prácticas de la asignatura en el GX aumenta la capacidad de visualización espacial de sus componentes, se ha procedido de la siguiente manera:

Ambos grupos realizaron la prueba DAT-5 SR Nivel 2 de visualización espacial (25 minutos), vía moodle en clase de prácticas, al comienzo y al final de la intervención educativa, en la cual queda reflejado tanto la puntuación recibida como el tiempo que se ha tardado en realizarla. La comparativa de valores obtenidos al comienzo de la prueba nos permite comparar los resultados. La prueba previa a las clases prácticas fue realizada por 57 alumnos (GC N = 25 y GX N = 32). En cuanto a las puntuaciones obtenidas se observó una distribución normal de la variable dependiente, prueba de Shapiro Wilk y se corroboró la igualdad de varianza entre ambos grupos mediante la Prueba de Levene ($F = 0,811$ $p = 0,372 > 0,05$). La prueba t de Student para muestras independientes, ($t = 0,598$ $p = 0,552 > 0,05$), determinó que no existía una diferencia significativa entre la media de calificaciones en el test DAT-5 SR Nivel 2 del grupo de control, GC y la media de calificaciones del grupo experimental, GX previo al proceso.

En cuanto al tiempo en realizar dicha prueba, tras determinar por la prueba de Shapiro Wilk que no se correspondía a una distribución normal de la variable dependiente, y se comprobó mediante la Prueba U de Mann-Whitney, $Z = -1,613$ $p\text{-valor} = 0,107 > 0,05$, que no existen diferencias significativas entre los grupos.

Se acepta que no existe una diferencia significativa entre la media de las puntuaciones y del tiempo de realización de la prueba test DAT-5 del grupo de control, GC y del grupo experimental, GX, previo al experimento.

Se pudo decir que no existían diferencias significativas entre ambos grupos antes del proceso, es decir, los dos grupos son comparables. Por otro lado, se realizó la misma prueba post-proceso, 56 alumnos (N GC = 21 y N GX = 35), observándose con los datos obtenidos que no se correspondían a una distribución normal, (Prueba de Shapiro Wilk). La Prueba U de Mann-Whitney, $Z = -0,264$ $p\text{-valor} = 0,792 > 0,05$, estableció que se acepte la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre las muestras.

Por otro lado, en cuanto al tiempo en realizar la prueba post-proceso se advirtió, gracias a la prueba de Shapiro Wilk, una distribución normal, y se ratificó, mediante la Prueba de Levene ($F = 1,896$ $p = 0,174 > 0,05$), la igualdad de varianza entre ambos grupos. Se demostró a través de la prueba t de Student para muestras independientes, ($T = 2,260$ $p = 0,028 < 0,05$), que constaba una diferencia significativa entre la media del tiempo en la realización del test de evaluación de la visualización espacial, DAT-5 realizado posteriormente al experimento, del grupo de control GC y del grupo experimental, GX.

Como puede observarse no existen diferencias notables en cuanto a los resultados obtenidos, no pudiéndose decir que el trabajo de los modelos 3D durante el semestre haya contribuido a mejorar los resultados del nivel de visualización espacial de los alumnos del grupo experimental respecto del grupo de control. Aunque si hay evidencias de que se haya disminuido el tiempo significativamente.

Tabla 69 Comparativa de los cambios PRE y POST proceso

		PRE	POST	Cambios inter-grupos Mann Whitney / t de student		Cambios intra - grupo Wilcoxon
				PRE (Z ó t/p)	POST (Z ó t/p)	PRE-POST (Z/p)
NOTA DE LA PRUEBA	GC	7,89 (1,38)	8,80 (0,76)			(Z = -3,047 / p = 0,002*)
		8,52	9,15			
DAT-5 SR N-2		7,27	8,45	(t = -0,598 /	(Z = -0,264 /	
M (SD)		7,89 (1,31)	8,88(0,95)	p = 0,552)	p = 0,792)	
Límite superior	GX	8,38	9,24			(Z = -4,019 / p = 0,000*)
Límite inferior		7,41	8,52			
TIEMPO	GC	22,38 (3,43)	20,95 (3,33)			(Z = 1,860 / p = 0,063)
DAT-5 SR N-2		23,94	22,47			
M (SD)		20,82	19,44	(Z = -1,613 /	(t = 2,260 /	
Límite superior	GX	23,78 (1,89)	18,71 (4,45)	p = 0,107)	p = 0,028*)	(Z = -4,623 / p = 0,000*)
Límite inferior		24,49	20,38			
		23,07	17,06			

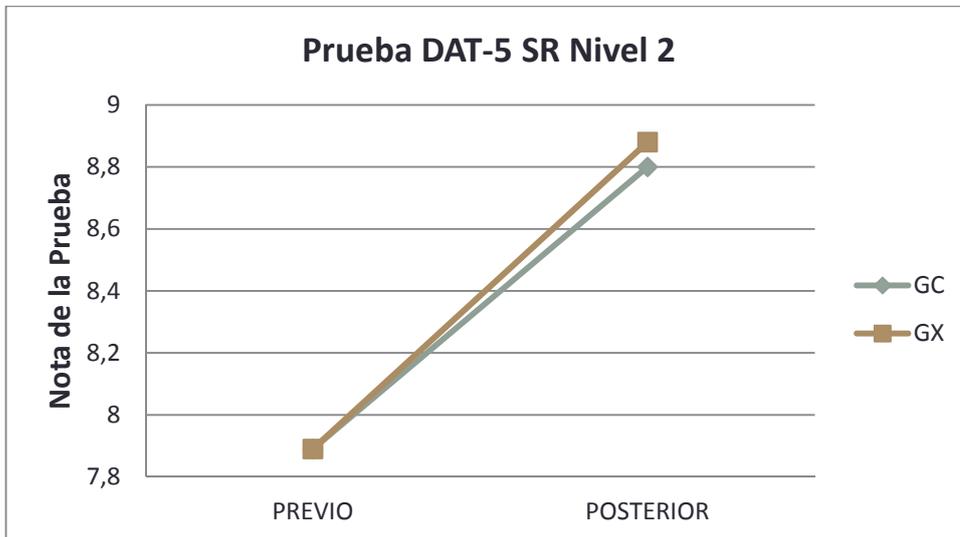


Fig. 163 Notas de la prueba DAT-5 SR Nivel 2

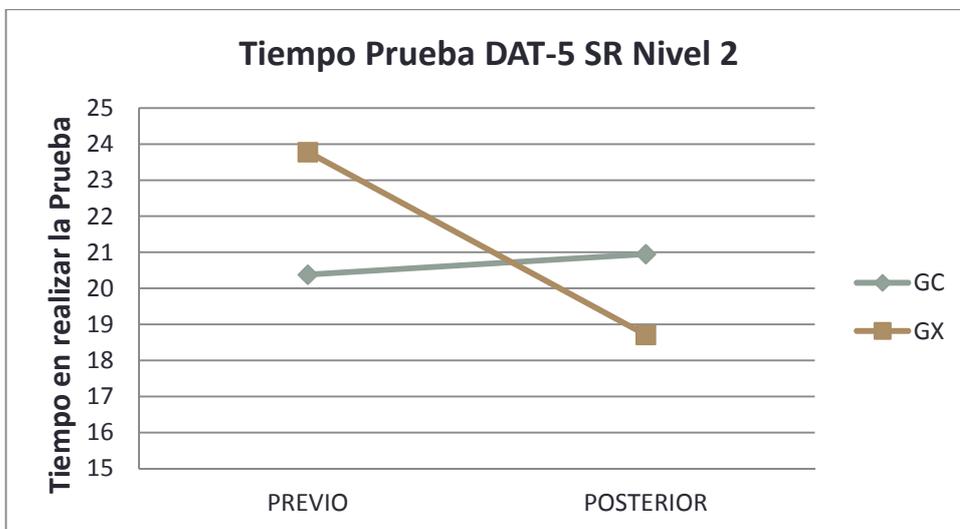


Fig. 164 Tiempo en realizar la prueba DAT-5 SR Nivel 2

Con los mismos datos se ha realizado la comparación intergrupos con la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, para la comparación de las muestras relacionadas de los datos de cada uno de los grupos en relación a sus resultados de cuestiones acertadas y tiempo en realizar el test previo y post proceso. Se ha encontrado para ambos grupos que existían diferencias significativas en relación a la cantidad de respuestas correctas en la prueba realizada post proceso respecto de la realizada previa al proceso. (GC $Z = -3,047$ p-valor = $0,002 < 0,05$, GX $Z = -4,019$ p-valor = $0,000 < 0,05$). Por lo tanto, con una probabilidad mayor del 95% podemos concluir que la visualización espacial de GC y de GX después difiere del valor tomado antes del experimento.

Además, en relación al tiempo en realizar la prueba no existen diferencias significativas entre las pruebas realizadas por el GC, pero sí la efectuada por el GX. (GC $Z = 1,860$ p-valor = $0,063 > 0,05$, GX $Z = -4,623$ p-valor = $0,000 < 0,05$). Por lo que, con una probabilidad mayor del 95% podemos concluir que la el tiempo de realización de la prueba del grupo GX después del curso es menor que el valor tomado antes del experimento, no así para el GC.

Finalmente, tras acabar las 50 preguntas del test, se les ha preguntado a los alumnos del GX si creían que sus capacidades de visualización espacial habían mejorado gracias a la utilización de los modelos tridimensionales en clase. Los alumnos encuestados piensan en un 88,6% de los casos que los modelos 3D han contribuido a la mejora de su capacidad de visualización espacial. Véase Tabla 70.

Tabla 70 Cambio en la capacidad de visualización espacial

DIFERENCIAS OBSERVADAS EN LA VISUALIZACIÓN ESPACIAL	GX N = 35
¿Crees que tus capacidades de visualización espacial han mejorado gracias a la utilización de modelos 3D?	%
SI	88,6
NO	11,4

En resumen se puede comentar que se ha realizado dos tipos de análisis:

El análisis intra-grupos con la prueba Wilcoxon (no paramétrica), se ha encontrado en este caso que existen diferencias significativas en la cantidad de aciertos en el test de visualización espacial DAT - 5 SR Nivel 2 tanto en el GC como en el GX, en ambos grupos la visualización espacial aumentó significativamente a lo largo del curso.

En segundo lugar, se dedujo que sólo en el GX se alcanzó un cambio significativo en relación a la cantidad de tiempo utilizada para realizar el test, no encontrándose lo mismo respecto del GC. Esto quiere decir que después de la utilización de los modelos tridimensionales en las clases prácticas, los estudiantes del GX hicieron el test señalado con el mismo éxito que los del GC y en menos tiempo significativamente respecto del que ellos mismos realizaron previo al curso. Se puede concluir que ha habido una mejoría dentro del GX. No se puede afirmar lo mismo del GC.

El análisis intergrupos con la prueba t de student o la prueba U de Mann Whitney (no paramétrica, siempre que no se cumplieran los requisitos para aplicar la primera). Se ha encontrado que en cuanto la cantidad de respuestas acertadas no hay diferencias significativas entre ambos grupos en ninguno de los casos, ni antes ni después del curso.

Sin embargo, se han hallado diferencias significativas del GX respecto del GC, en relación al tiempo en contestar el test post-curso, lo que no ocurrió con el mismo test contestado pre-curso. O sea, se puede afirmar que el GX ha mejorado significativamente respecto del GC en cuanto al tiempo dedicado en realizar el test con una tasa de éxito final similar en ambos grupos.

5.9. Segunda pregunta de investigación

Q2. ¿Existe alguna diferencia en los resultados de aprendizaje, como la obtención de mejores resultados académicos, achacable al manejo en la tarea de los modelos tridimensionales?

Las calificaciones a tener en cuenta para evaluar a los alumnos son, por un lado, la nota de todas las prácticas que representa un 2/10 en la nota final de la asignatura, y, por otro, la nota del examen final de la asignatura, que computa como un 8/10 del total, siempre y cuando se tengan aprobadas ambas partes.

5.9.1. Notas Prácticas

La cantidad de prácticas entregadas por los alumnos a lo largo del curso quedan reflejadas en la Tabla 71. Respecto de la cantidad proporcional de prácticas entregadas por los alumnos del GX se puede decir que fueron superiores a las del GC de una manera significativa (Prueba U de Mann-Whitney $Z = -3,559$ $p = 0,000 < 0,05$). En la Tabla 72 están reflejados los estadísticos totales.

Tabla 71 Cantidad de prácticas entregadas

(GC N = 28) (GX N = 35)		P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P010	P011	P012
GC	N	17	17	17	17	27	27	24	25	26	22	20	19
	%	60,7	60,7	60,7	60,7	96,4	96,4	85,7	89,3	92,9	78,6	71,4	67,9
GX	N	31	31	31	31	34	35	35	34	35	34	35	35
	%	88,6	88,6	88,6	88,6	97,1	100,0	100,0	97,1	100,0	97,1	100,0	100,0
Comparar grupos	χ^2	6,654	6,654	6,654	6,654	0,026	1,270	5,339	1,615	2,582	5,432	11,455	13,125
	p	0,010*	0,010*	0,010*	0,010*	0,872	0,260	0,021*	0,204	0,108	0,020*	0,001*	0,000*

Tabla 72 Estadísticos respecto de la cantidad total de las prácticas entregadas

	(GC N = 28) (GX N = 35)	GC	GX	Diferencia MGX - MGC	Mann Whitney Z	p
	CANTIDAD TOTAL DE PRÁCTICAS		9,21	11,46	2,25	
M (SD)		(3,42)	(1,48)	(-1,94)	-3,559	0,000*
Límite superior		10,54	11,96	1,42		
Límite inferior		7,88	10,94	3,06		

El reparto de la cantidad de prácticas en la asignatura por grupos se refleja en la Tabla 73. Se ha clasificado las mismas para ambos grupos considerando: Muy baja participación en la asignatura hasta 3 prácticas entregadas, Baja 4-6 prácticas entregadas, Media 7-8 prácticas entregadas, Alta 9-10 prácticas entregadas, Muy Alta 11-12 prácticas entregadas.

Tabla 73 Reparto de la cantidad total de prácticas entregadas

Cantidad total de prácticas entregadas													
(GC N = 28) (GX N = 35)		Muy Baja <3		Baja 3-6		Media 7-8		Alta 9-10		Muy Alta 11-12		Z	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		PRÁCTICAS ENTREGADAS	GC	2	7,1	4	14,3	5	17,90	2	7,1		
	GX	0	0,0	1	2,9	3	8,6	0	0,0	31	88,5		

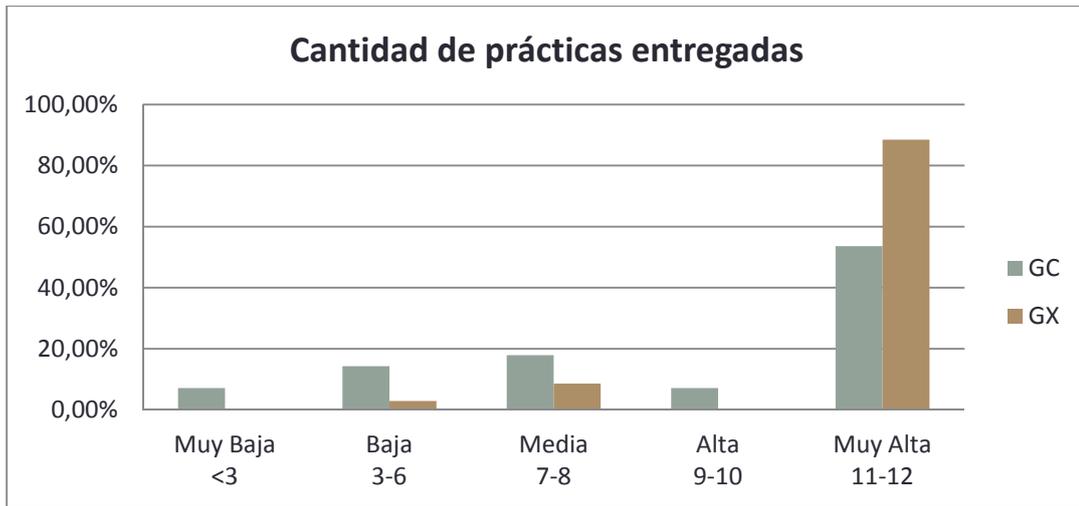


Fig. 165 Distribución de la cantidad de prácticas entregadas

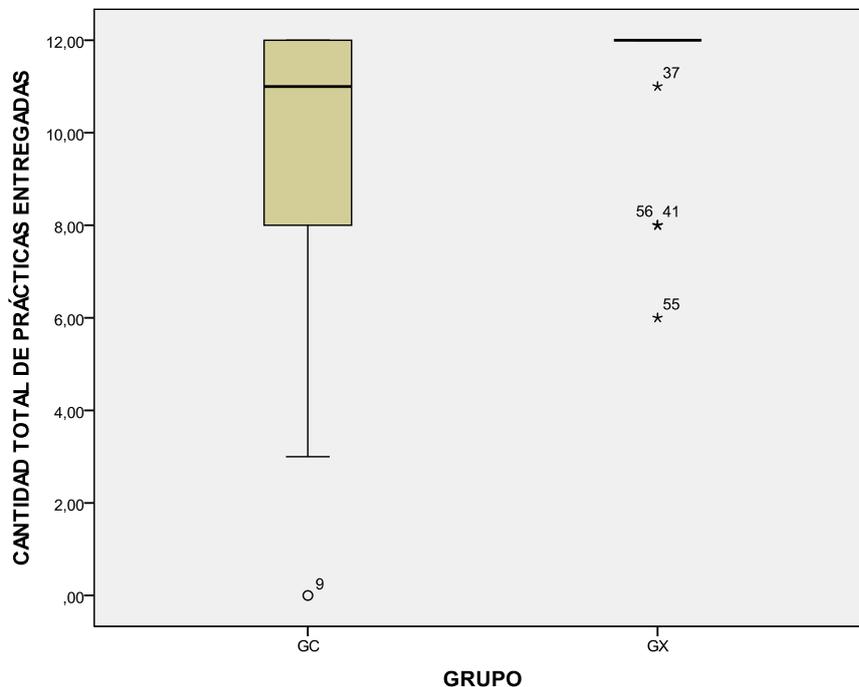


Fig. 166 Cantidad de prácticas entregadas por grupos

También puede observarse la distribución de la cantidad de prácticas entregadas en ambos grupos en el diagrama de barras, Fig. 165, y en el de bigotes, Fig. 166, con lo que se pueden observar las diferencias significativas entre la cantidad de prácticas entregadas por ambos grupos durante el curso. Se deduce, por lo tanto, una mayor implicación en las

prácticas del grupo experimental, que es el que ha utilizado los modelos tridimensionales respecto del grupo de control.

La evolución temporal de las calificaciones de las prácticas puede verse en la Tabla 74 y en la Fig. 167. Para la media de las mismas y tras determinar por la prueba de Shapiro Wilk que no se correspondía a una distribución normal de la variable dependiente, se comprobó que no existen diferencias significativas entre los grupos, mediante la Prueba de Mann-Whitney, consultar en la Tabla 74 los valores parciales de Z y p-valor que, en todos los casos, son superiores a 0,05, excepto para dos prácticas la 6 y la 11, la primera con mayor calificación para GC y la segunda con mayor calificación para GX.

Tabla 74 Calificaciones recogidas de las Prácticas

(GC N = 28) (GX N = 35)		M (SD) en cada una de las Prácticas											
		P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P010	P011	P012
GC		3,89 (3,53)	3,89 (3,53)	3,89 (3,53)	3,89 (3,53)	8,17 (2,94)	9,08 (2,22)	6,43 (3,16)	5,70 (3,00)	6,14 (2,81)	6,89 (3,73)	5,16 (3,59)	5,85 (4,13)
GX		5,21 (2,41)	5,21 (2,41)	5,21 (2,41)	5,21 (2,41)	8,90 (1,75)	8,89 (0,74)	7,62 (1,77)	6,08 (2,79)	7,14 (2,04)	7,21 (1,92)	7,74 (1,70)	8,00 (1,15)
Comparar grupos	Z	-1,033	-1,033	-1,033	-1,033	-1,051	-3,659	-1,135	-0,402	-1,193	-1,510	-3,256	-0,667
Mann Whitney	p	0,302	0,302	0,302	0,302	0,293	0,000*	0,257	0,688	0,233	0,131	0,001*	0,505

Nota: En las prácticas 1 y 12, no se utilizaron modelos 3D.

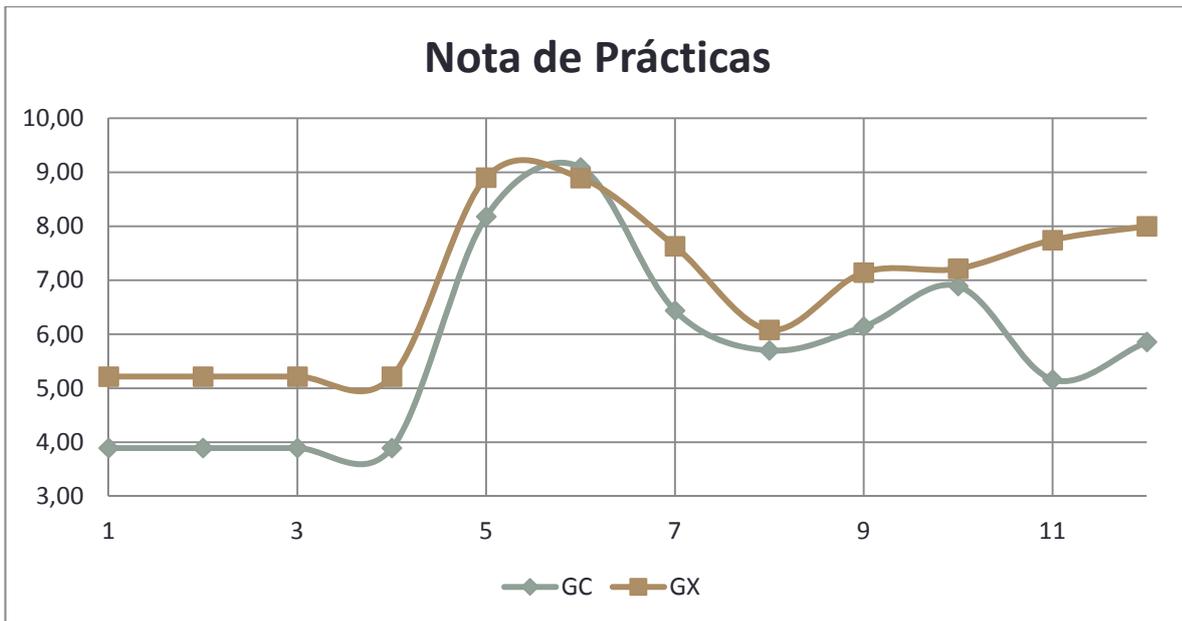


Fig. 167 Evolución temporal de las notas de las prácticas

Tabla 75 Estadísticos de la calificación total de las prácticas

(GC N = 28) (GX N = 35)	GC	GX	Diferencia	Mann Whitney	
			MGX - MGC	Z	p
CALIFICACIÓN TOTAL DE LAS PRÁCTICAS	5,96	6,87	0,91		
M (SD)	(2,33)	(1,25)	(-1,08)	-1,135	0,256
Límite superior	6,89	7,30	0,41		
Límite inferior	5,04	6,44	1,40		

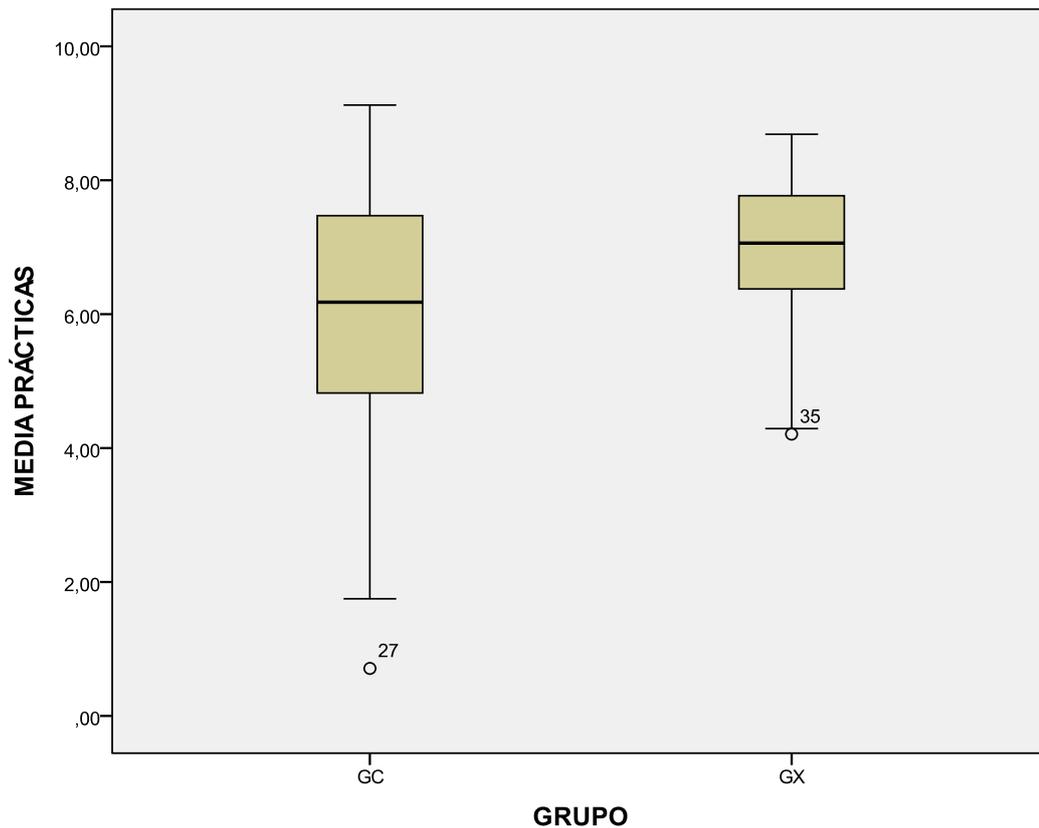


Fig. 168 Distribución de la nota media de prácticas

Tabla 76 Nota final de las prácticas

Nota final de las prácticas													
		Suspensos		Aprobados		Aprobados		Notables		Sobresalientes		Comparación intergrupos	
		<5		>5		5-7		7-9		>9		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
NOTA FINAL	GC	7	25,0	21	75,0	8	28,6	11	39,3	2	7,1	1,988	0,159
PRÁCTICAS	GX	4	11,4	31	88,6	12	34,3	17	54,3	0	0,0		
TOTAL		11	17,5	52	82,5								

Además, no se ha detectado una diferencia significativa entre la media de las valoraciones de las prácticas realizadas entre el grupo de control, GC y el grupo experimental, GX, prueba U de Mann-Whitney, $Z = -1,135$ y $p\text{-valor} = 0,256 > 0,05$, véase Tabla 75. Las mismas conclusiones se han establecido con las pruebas de Chi-cuadrado al comparar el aprobado final en prácticas con la pertenencia a uno u a otro grupo. ($\chi^2 = 1,988$ $p = 0,159$), Tabla 76. Gráficamente queda reflejado en la Fig. 168.

Por otro lado, observando la nota final obtenida en las prácticas, podemos ver su distribución con una mayor cantidad de aprobados en las prácticas de la asignatura por parte de GX respecto GC, aunque no de una manera significativa, véase Fig. 169. El reparto de dichas notas por grupos entre suspensos, aprobado, notables y sobresalientes también se adjunta en forma numérica en la Tabla 76 y de forma gráfica en la Fig. 170.

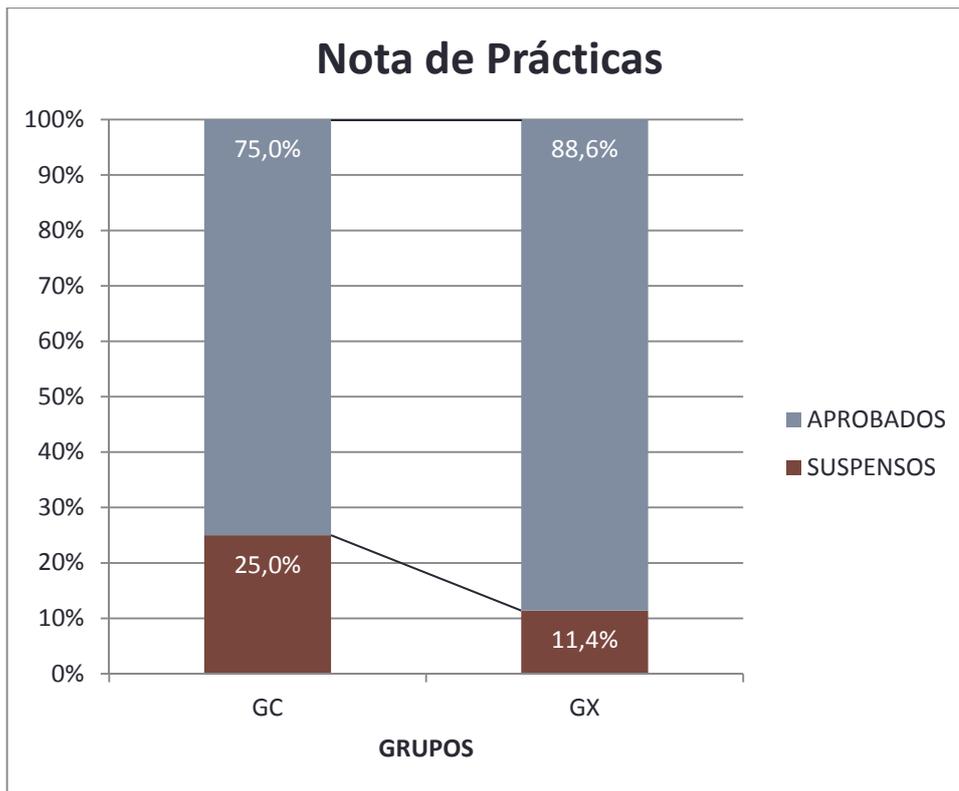


Fig. 169 Comparativa de los aprobados/suspensos en prácticas

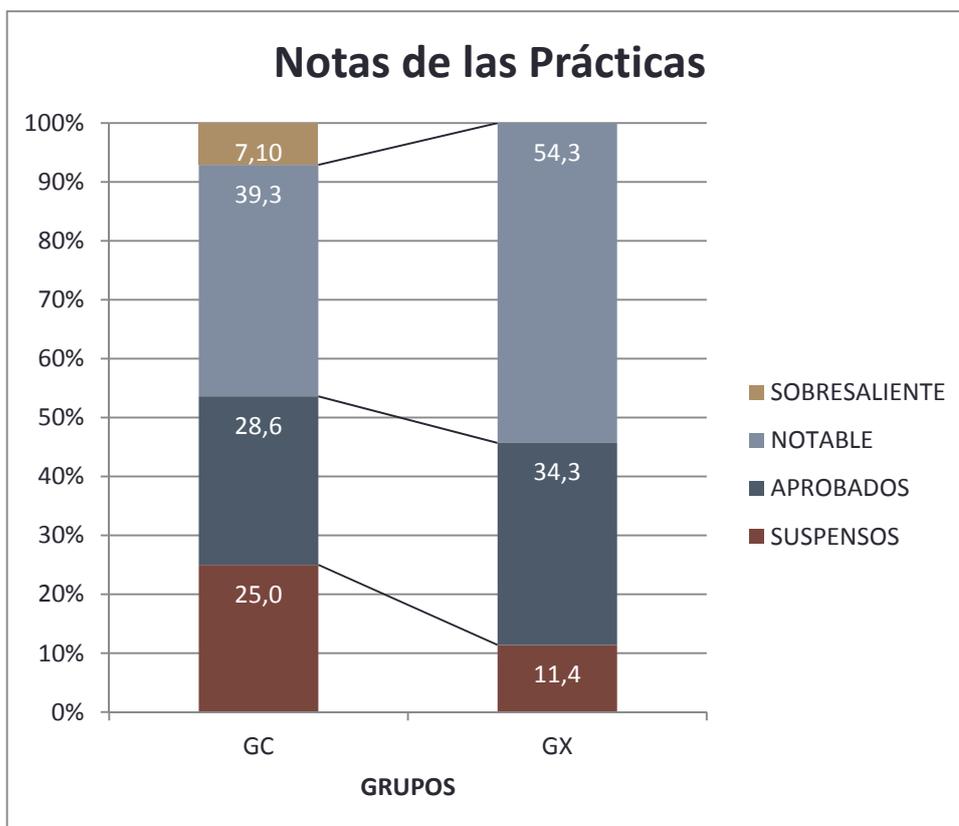


Fig. 170 Comparativa de la nota de prácticas

5.9.2. Examen final

En cuanto a la valoración del examen final, y a las distintas partes que lo componen, tras determinar por la prueba de Shapiro Wilk que no se correspondía a una distribución normal de la variable dependiente, se comprobó que no existen diferencias significativas entre los grupos, mediante la Prueba U de Mann-Whitney, consultar en Tabla 77 y Tabla 78, p-valor > 0,05 en todos los casos.

Las mismas conclusiones se han establecido con las pruebas de Chi-cuadrado al comparar el aprobado final en prácticas con la pertenencia a uno u a otro grupo. ($\chi^2 = 1,176$ p = 0,278), véase Tabla 79.

Es decir, no se ha detectado tampoco que exista una diferencia significativa entre la media de las valoraciones del examen final realizado entre el grupo de control, GC y del grupo experimental, GX.

Por otro lado, igual ocurre con la nota final conseguida por los alumnos de ambos grupos en estudio, es decir no se puede decir que existieran diferencias significativas entre los resultados académicos finales de ambos grupos después del proceso.

Tabla 77 Calificaciones de los ejercicios del Examen

		M (SD) en cada una de las Prácticas					
(GC N = 28) (GX N = 35)		NORMALIZ.	DISTAN. ÁNGULOS	SEC. PLANAS	AXONOM. CABALL.	PLANOS ACOTADOS	GEOMET. MÉTRICA
	GC		0,64 (0,42)	0,27 (0,49)	0,74 (0,65)	0,43 (0,51)	0,74 (0,56)
GX		0,74 (0,32)	0,15 (0,26)	0,69 (0,65)	0,47 (0,47)	0,80 (0,45)	0,06 (0,23)
Comparar grupos Mann Whitney	Z	-0,711	-0,772	-0,086	-0,517	-0,070	-1,109
	p	0,477	0,440	0,931	0,605	0,944	0,267

Tabla 78 Estadísticos de la calificación del Examen final y de la Calificación final

(GC N = 28) (GX N = 35)	GC	GX	Diferencia	Mann Whitney	
			MGX - MGC	Z	p
CALIFICACIÓN EXAMEN FINAL	3,12	2,97	-0,15		
M (SD)	(2,52)	(1,74)	(-0,78)	-0,097	0,923
Límite superior	4,09	3,58	-0,51		
Límite inferior	2,14	2,38	0,24		
CALIFICACIÓN FINAL	3,16	3,05	-0,11		
M (SD)	(2,57)	(1,86)	(-0,71)	-0,055	0,956
Límite superior	4,15	3,69	-0,46		
Límite inferior	2,16	2,41	0,25		

La distribución gráfica de los resultados conseguidos puede observarse en el diagrama de bigotes de la calificación del examen final y de la calificación final de la asignatura, Fig. 171 y la Fig. 172, donde quedan patentes también dichos resultados.

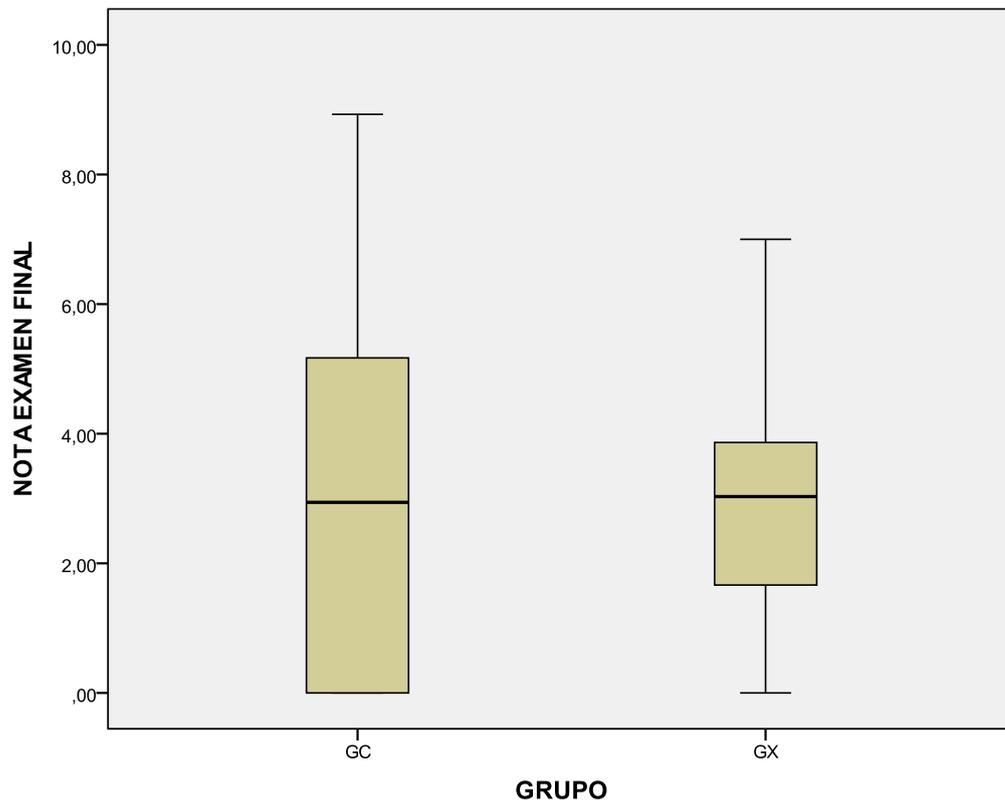


Fig. 171 Distribución de Calificaciones del examen final

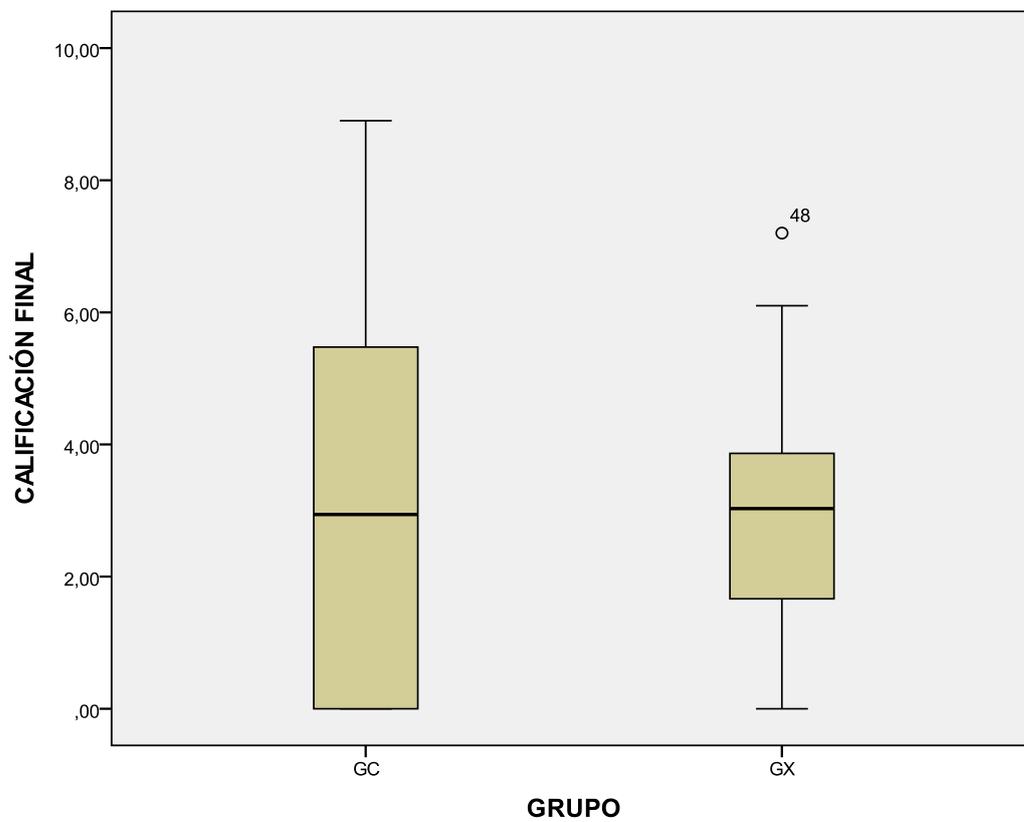


Fig. 172 Distribución de Calificaciones de la Calificación final

En la Tabla 79 está reflejada la distribución entre aprobados y suspensos de la asignatura. En las Fig. 173 puede observarse la distribución de aprobados y suspensos del examen final y la calificación final de la asignatura para ambos grupos. Se ha optado por dibujar tan sólo uno por ser similar, por lo que se deduce que es el examen final el que condiciona la nota final en la asignatura. En la Fig. 174 se puede ver la distribución por notas de los mismos aspectos anteriores.

Tabla 79 Nota del examen final y de la Calificación final

		Suspensos <5		Aprobados >5		Aprobados 5-7		Notables 7-9		Sobresalientes >9		Comparación intergrupos	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	χ^2	p
EXAMEN / NOTA FINAL	GC	20	71,4	8	28,6	6	21,4	2	7,2	0	0,0	1,176	0,278
	GX	29	82,9	6	17,1	5	14,2	1	2,9	0	0,0		
TOTAL		49	77,8	14	22,2								

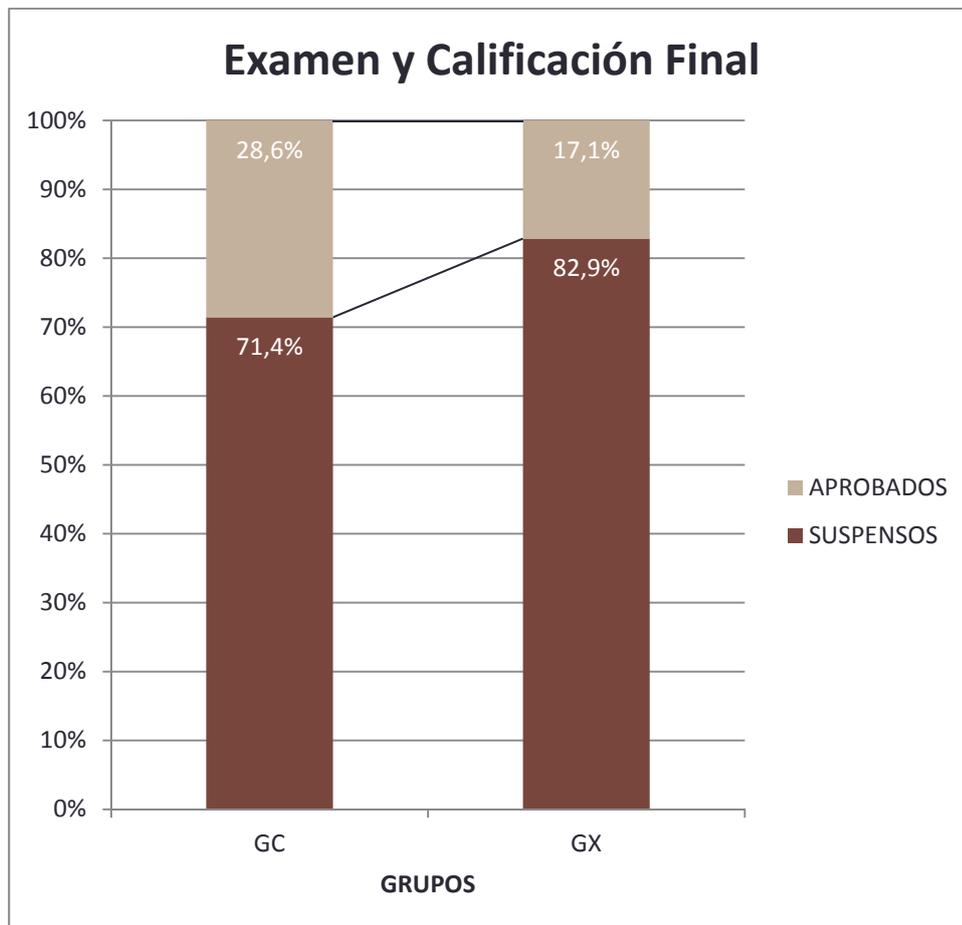


Fig. 173 Comparativa de aprobados/suspensos en Examen final y en la Nota final

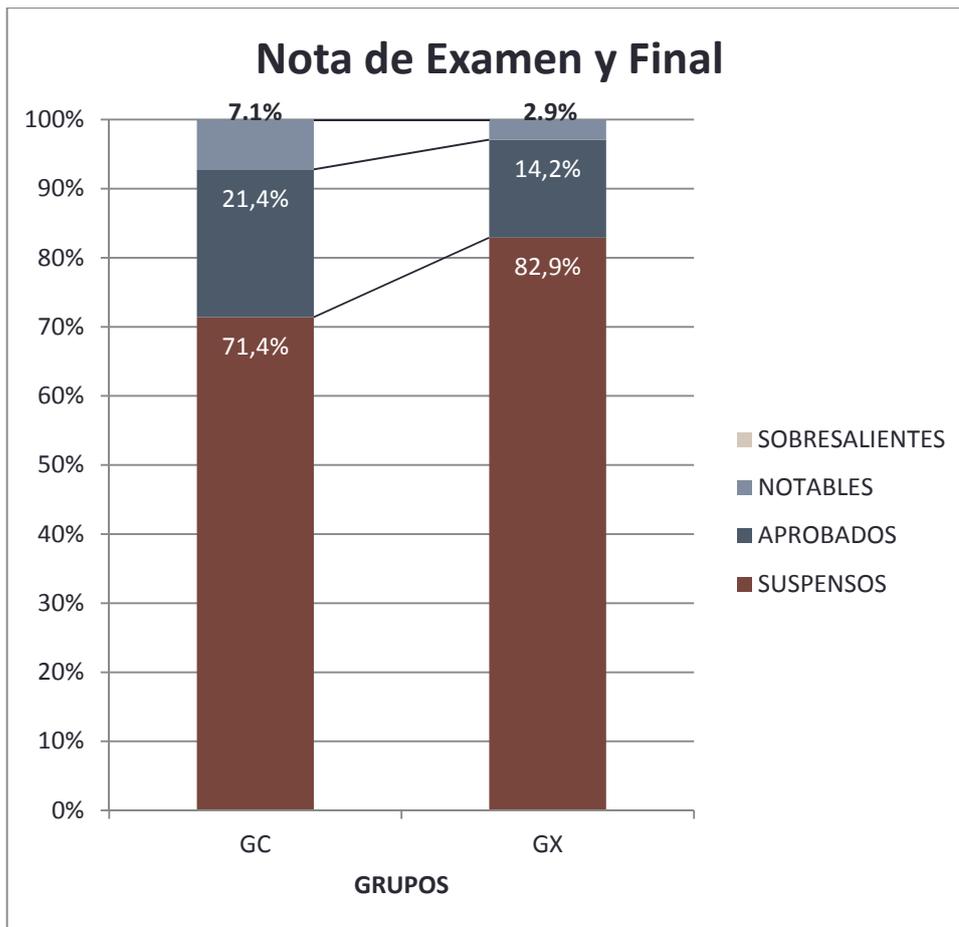


Fig. 174 Comparativa de las Calificaciones en Examen final y en la Nota final

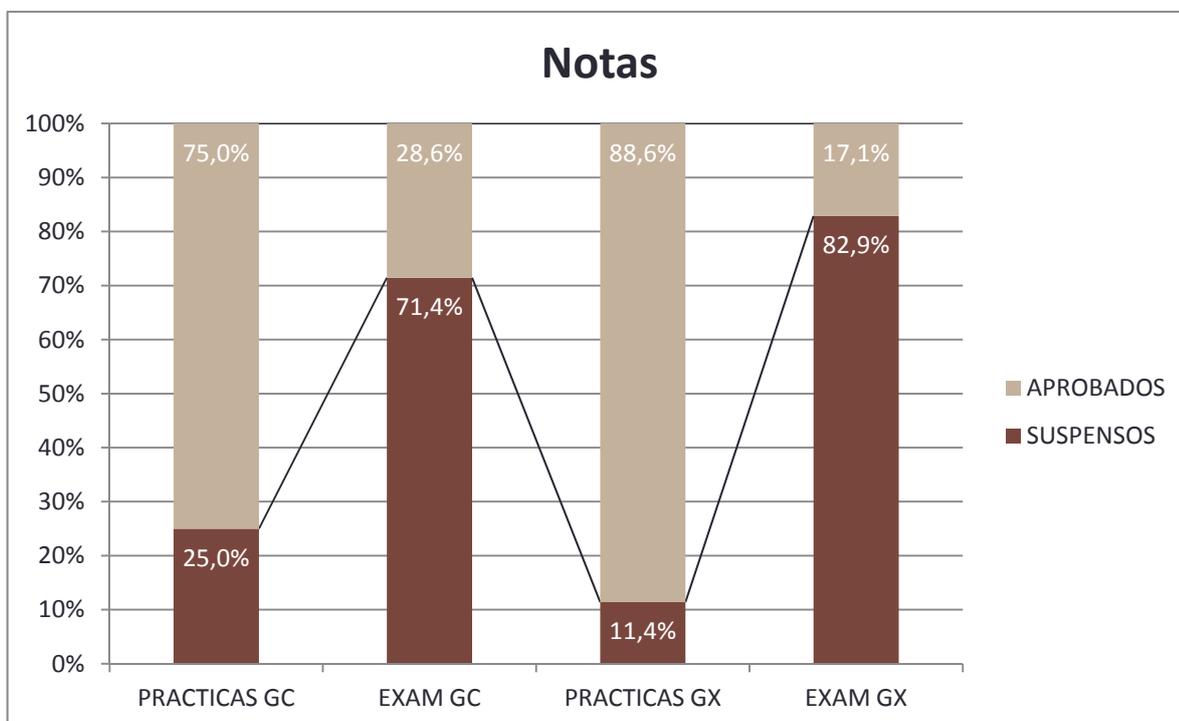


Fig. 175 Comparativa de los aprobados/suspensos en prácticas

5.9.3. Notas de la asignatura

Finalmente se ha querido mostrar las notas en aprobados/suspensos tanto en las prácticas con el examen final para ambos grupos en una misma imagen, quedando expuesto en la Fig. 175.

Puede concluirse que el utilizar durante la realización de las prácticas, los modelos 3D contribuyen a fomentar el trabajo semanal propuesto en la asignatura y mejora la calificación obtenida en las mismas, aunque no de una manera significativa.

Sin embargo, no se ha detectado una diferencia significativa entre la media de las valoraciones del examen final ni de las calificaciones finales realizado entre el grupo de control, GC y del grupo experimental, GX.

Ahora bien, si se puede corroborar que existe una gran relación, aunque no de una manera significativa e independientemente del grupo de pertenencia, entre el aprobado en el examen final y el haber aprobado las prácticas, véase Tabla 80, pero habría que realizar más investigaciones para verificar este hecho.

Tabla 80 Correlación entre las notas de prácticas y la nota del examen final

(GC N = 28) (GX N = 35)	APRUEBAN EL EXAMEN FINAL				TOTAL		Comparación intergrupos		
	NO		SI		N	%	χ^2	p	
	N	%	N	%					
APRUEBAN LAS PRÁCTICAS	NO	11	17,5	0	0,0	11	17,5	3,808	0,051
	SI	38	60,3	14	22,2	52	82,5		
TOTAL		49	77,8	14	22,2	63	100,0		

5.10. Tercera pregunta de investigación

Q3. ¿Existe alguna diferencia entre ambos grupos, en referencia a la motivación mostrada, a la participación e implicación de los alumnos con la asignatura tratada y en relación con la valoración que asignan a la metodología usada?

Para examinar y comparar el seguimiento de la asignatura por parte de los componentes de ambos grupos se ha realizado un análisis temporal comparativo de la asistencia de la asistencia a clase de prácticas y de la asistencia al examen final. Por otro lado, para ver el uso de los modelos 3D por parte de los alumnos del GX se ha analizado el registro de las carpetas del campus virtual que los contenían. Finalmente, por otro lado, se ha analizado y comparado la motivación de ambos grupos de alumnos por el método ARCS. Con ello, concluiremos sobre el atractivo que supone la incorporación de los modelos 3D a clase de las prácticas de la asignatura.

5.10.1. Asistencia a Prácticas

En cuanto a la evolución temporal de la asistencia a clase se ilustra en la **Tabla 81** y en la Fig. 176. En ellas, puede observarse que si bien la asistencia de ambos grupos es similar en las primeras prácticas de la asignatura, a medida que evoluciona el tiempo se observa un mantenimiento en la asistencia del GX mientras que va disminuyendo la asistencia de los componentes del GC. Al final del trimestre, en las últimas prácticas, la asistencia del grupo experimental es superior a la del grupo de control, observándose una menor asistencia del GC de manera significativa.

Los datos de asistencia no se correspondían a una distribución normal, (prueba de Shapiro Wilk). La comparativa de la asistencia de ambos grupos mediante la Prueba de Mann-Whitney, p -valor = $0,000 < 0,05$, mostró que existen diferencias significativas entre la asistencia a clase de prácticas por los componentes de ambos grupos, siendo la única diferencia entre ellos el manejo en clase de prácticas de los modelos 3D. **Tabla 82**.

Tabla 81 Asistencia a las prácticas por ambos grupos

GC (N = 28) GX (N = 35)	Nº de Práctica -Asistentes-(N/%)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
GC	N	27	26	25	25	27	27	24	25	26	22	20	19
	%	96,43	92,86	89,29	89,29	96,43	96,43	85,71	89,29	92,86	78,57	71,43	67,86
GX	N	33	33	33	34	34	35	35	34	35	34	35	35
	%	94,29	94,29	94,29	97,14	97,14	100,0	100,0	97,14	100,0	97,14	100,0	100,0
Comparar grupos	χ^2	0,158	0,053	0,532	1,615	0,026	1,270	5,339	1,615	2,582	5,432	11,455	13,125
	p	0,691	0,817	0,466	0,204	0,872	0,260	0,021*	0,204	0,108	0,020*	0,001*	0,000*

Tabla 82 Estadísticos respecto de la asistencia total a las prácticas

	(GC N = 28) (GX N = 35)	GC	GX	Diferencia	Mann Whitney	
				MGX - MGC	Z	p
ASISTENCIA TOTAL A CLASE DE PRÁCTICAS		10,46	11,71	1,25		
M (SD)		(2,56)	(1,07)	(-1,49)	-2,881	0,004*
Límite superior		11,46	12,08	0,62		
Límite inferior		9,47	11,35	1,88		

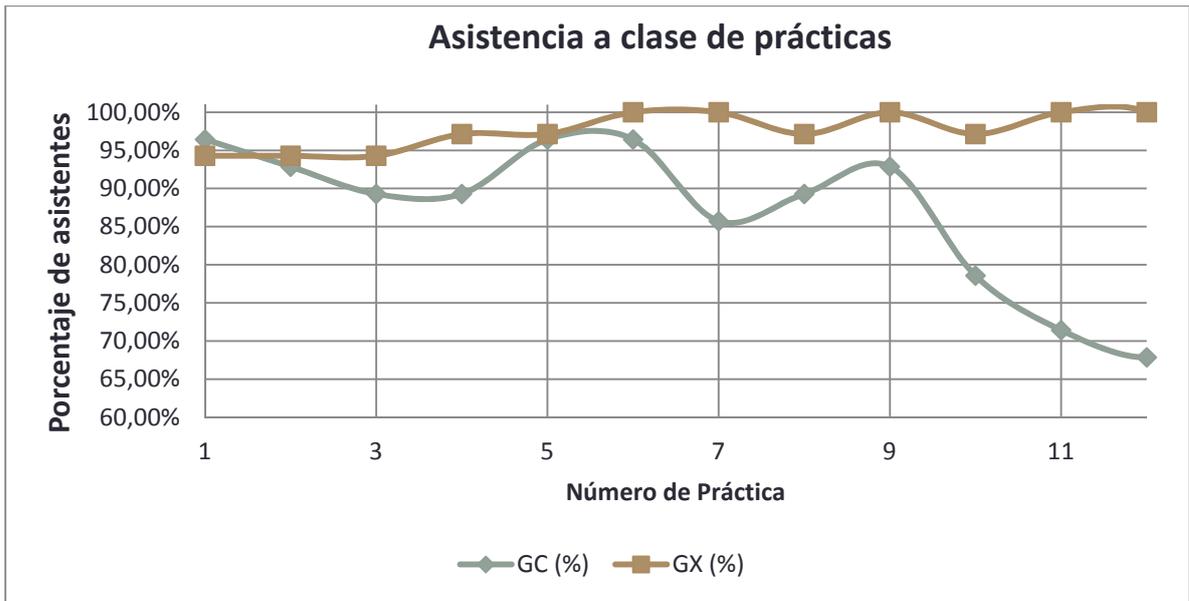


Fig. 176 Asistencia a Clase de Prácticas

En la Tabla 83 se exponen los estadísticos totales en relación con la asistencia a clase de prácticas. Se han clasificado la asistencia a clase de prácticas, considerando una asistencia Muy baja en la parte práctica de la asignatura el presentarse hasta 3 prácticas, Baja 4-6, Media 7-8, Alta 9-10, Muy Alta 11-12.

Tabla 83 Asistencia total a clase de prácticas

Asistencia total a clase de prácticas													
NOTA FINAL PRÁCTICAS		Muy Baja <3		Baja 3-6		Media 7-8		Alta 9-10		Muy Alta 11-12		Z	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		GC	GX	GC	GX	GC	GX	GC	GX	GC	GX		
	(GC N = 28)												
	(GX N = 35)												
		1	3,6	1	3,6	4	14,3	2	7,1	20	71,4	-2,881	0,004*
		0	0,0	0	0,0	2	5,7	0	0,0	33	94,3		

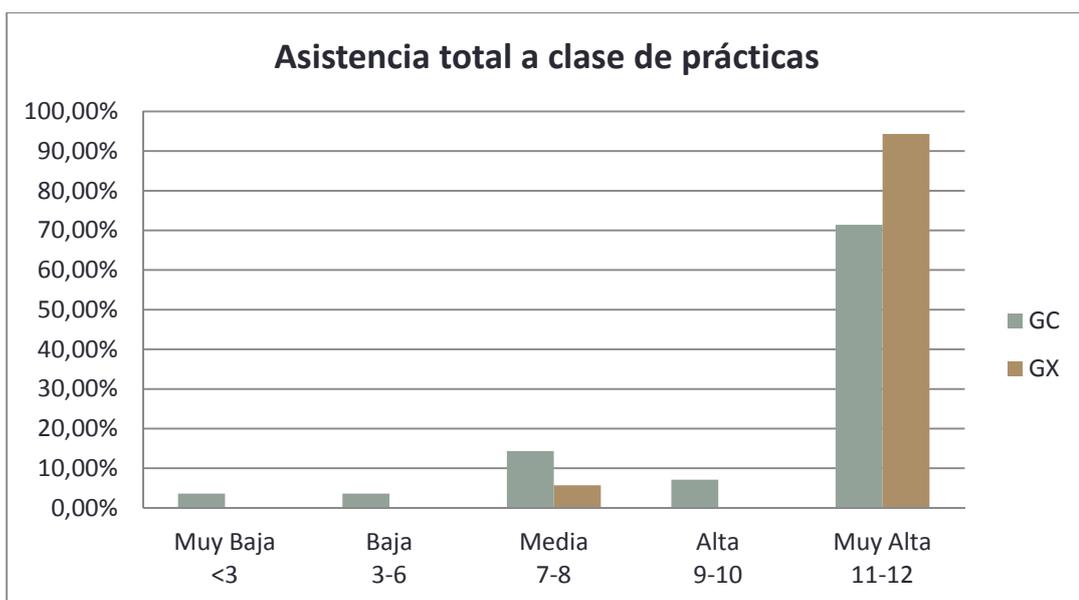


Fig. 177 Asistencia total a clase de prácticas

En los diagramas adjuntos, de barras y de bigotes, Fig. 178, puede verse la distribución de la asistencia total a clase de prácticas por ambos grupos, reflejándose la diferencia significativa en la asistencia total a las mismas durante el curso por ambos grupos, por lo que se puede decir que ha habido una mayor asistencia a las prácticas del grupo experimental respecto del grupo de control.

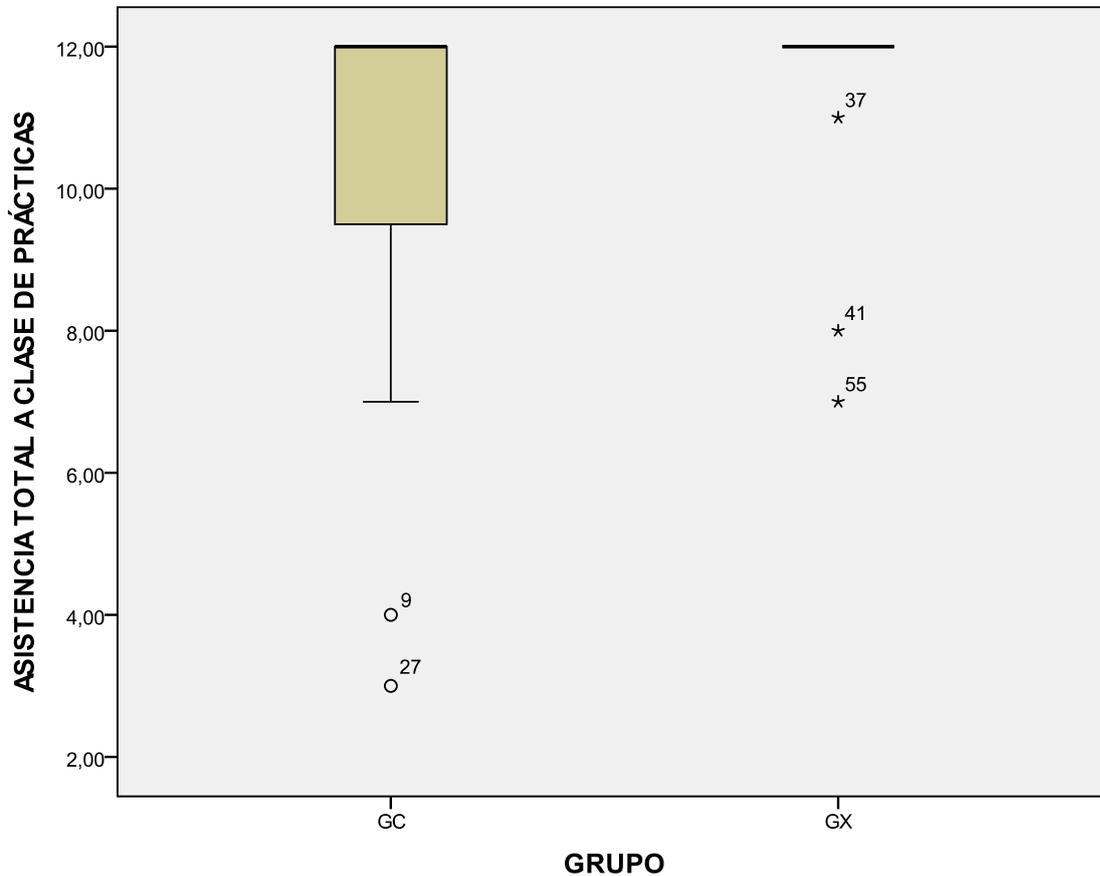


Fig. 178 Distribución de la asistencia total a clase de prácticas

5.10.2. Asistencia al examen final

Otro elemento controlado en referencia al seguimiento de la asignatura por parte de los participantes ha sido la asistencia al examen final de la misma, que ha sido para ambos grupos: (GC = 20/28; 71,4%) y (GX = 32/35; 91,4%).

La tasa de abandono de la asignatura ha sido de un 28,57% para GC y de un 8,57% para GX, observándose diferencias significativas entre ambos grupos mediante la prueba de chi-cuadrado, Tabla 84. La representación gráfica de barras se observa en la Fig. 179.

Tabla 84 Asistencia al examen final

Asistencia al examen final		SI		NO		Diferencias entre Grupos	
	(GC N = 28) (GX N = 35)	N	%	N	%	χ^2	p
		ASISTENCIA AL EXAMEN FINAL	GC	20	71,4	8	28,6
	GX	32	91,4	3	8,6		

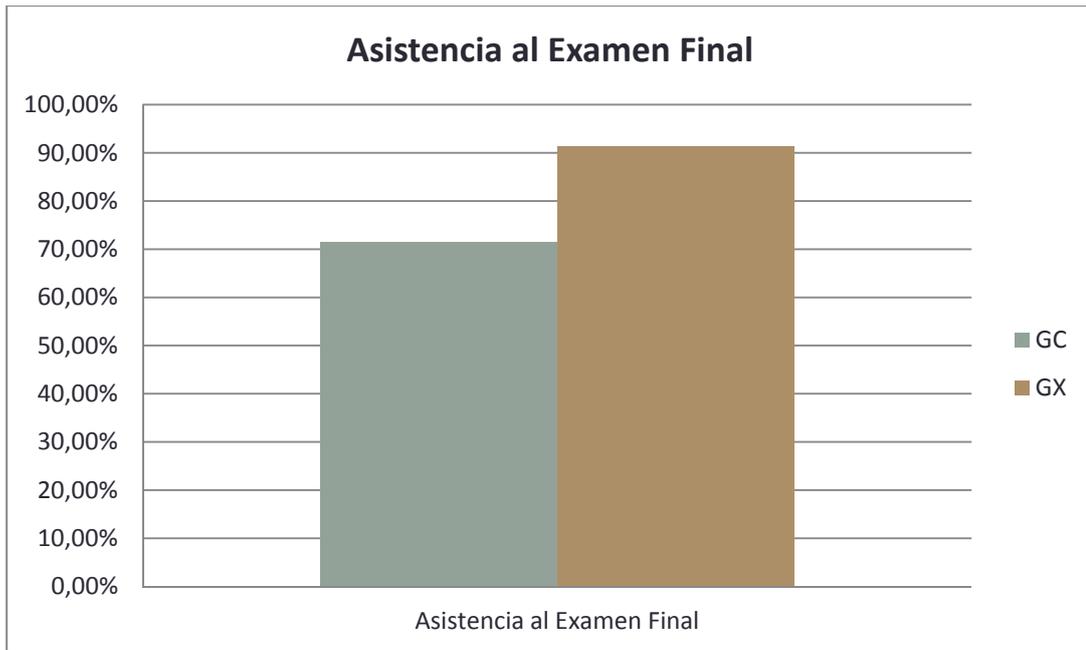


Fig. 179 Asistencia al Examen Final

5.10.3.Registros de las carpetas de prácticas

Un dato que constata la utilización de los modelos es la visita a las carpetas donde se almacena los archivos correspondientes a las prácticas semanales de la asignatura.

En relación a la cantidad de visitas que han recibido las carpetas que contenían los modelos 3D colgados en el campus se puede comprobar que en todos los casos las carpetas han sido visitadas en varias ocasiones. Las visitas totales y las recibidas antes de realizar la práctica en clase pueden observarse en la Tabla 85 y su evolución temporal queda gráficamente representada en la Fig. 180.

Se observa que tras la expectación inicial por la experiencia a llevar a cabo, los valores de las visitas bajan manteniéndose con un valor más o menos similar al número de alumnos en cuanto a las visitas realizadas con anterioridad a ver la práctica en clase. Ese valor aumenta posteriormente por la reiteración de visitas al hacer la práctica en clase o por ser corregida por el alumno comprobando los modelos 3D junto con los ejercicios 2D realizados. Se observa un repunte al final con la cercanía del examen final de la asignatura.

Las mayores visitas se realizan al principio y al final del curso, coincidiendo con las prácticas de CAD, Perspectivas y sistema de planos acotados. Las menores visitas se dan en las prácticas de Diédrico. No existen datos para las prácticas nº1 y nº12, ya que para dichas prácticas no se utilizaron modelos tridimensionales.

Tabla 85 Descripción general del número de registros de las carpetas con prácticas

Grupo GX (N = 35)	Media (SD)	Nº de Registros de carpetas con Prácticas (N)									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Visitas Totales	74,67 (40,20)	134	87	86	74	73	93	64	77	86	122
Visitas Preprácticas	33,25 (21,36)	82	40	40	30	30	41	21	34	41	40

Nota: En las prácticas 1 y 12, no se utilizaron modelos 3D.

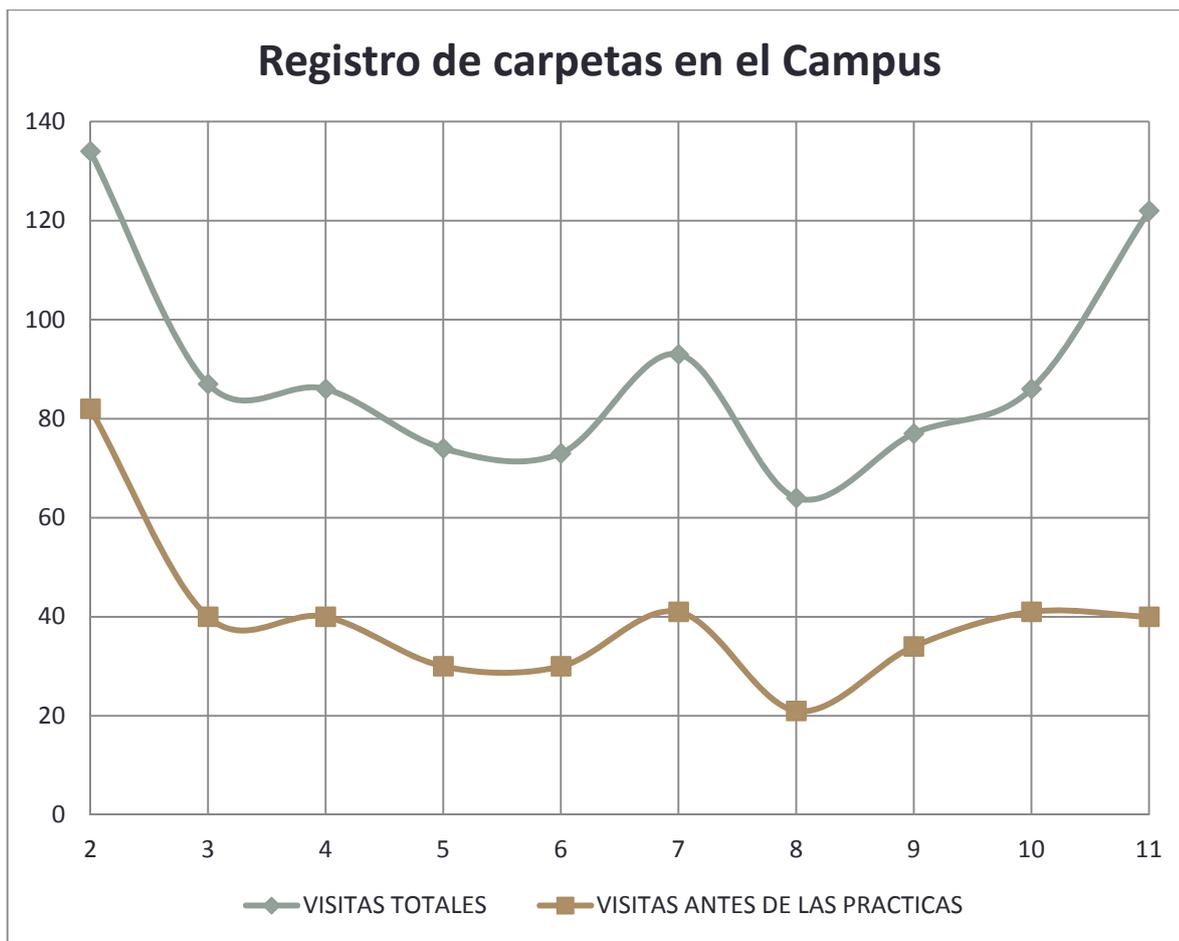


Fig. 180 Registro de Carpetas en el Campus

5.10.4. Motivación de los estudiantes, método ARCS

La encuesta IMMS del experimento contenía 20 ítems. Cada pregunta corresponde a alguno de las componentes de la motivación según el modelo ARCS. Sin embargo, en lugar de agrupar los ítems de dichos componentes, Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción; han sido entrelazadas entre los diferentes ítems tal y como se muestra en el Anexo 15. Cada uno de los cuales posee una escala Likert de respuesta que varía de 1 a 5.

La Tabla 86 muestra todas las preguntas, con las respectivas modificaciones respecto de ambos grupos, su orden, escala, valor medio y desviación típica. El 78,57% (22/28) de los alumnos del grupo GC y el 100,00% (35/35) del grupo experimental contestaron a las preguntas propuestas.

Una vez acabada la fase de recogida de datos, se procedió a determinar la fiabilidad interna con el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, según el mismo, la fiabilidad de la encuesta fue de 0,950. Teniendo en cuenta que Guilford [324] indica que una α de Cronbach mayor a 0,7 sugiere una fiabilidad alta; se puede considerar que el instrumento usado para evaluar la motivación de los estudiantes posee una alta fiabilidad.

La puntuación total para el instrumento podría haber obtenido un rango de 20 como puntuación mínima a 100 como puntuación máxima.

En la Tabla 87 se muestra una descripción general de los estadísticos totales. Las puntuaciones totales oscilaron desde 43 hasta 96 ($M = 66,82$, $SD = 14,75$), para los participantes del GC y desde 50 hasta 100 ($M = 75,29$, $SD = 13,24$), para los participantes del GX. Considerando la prueba de Shapiro-Wilk, ($W = 0,972$, p -valor = $0,506$), se determina que la variable aleatoria se distribuye normalmente en ambos grupos. Además, se determinó la igualdad de varianza entre ambos grupos por la prueba de Levene ($F = 0,367$, p -valor = $0,547$). El resultado de la comparación de las medias de la Motivación mediante la prueba t para muestras independientes mostró una diferencia estadísticamente significativa en la motivación entre los participantes del GX y los del GC $t = -2,249$, $p = 0,029$.

Tabla 86 Resultados cuestionario IMMS

ARCS		CUESTIÓN	GC	GX	
N	XN		M (SD)	M (SD)	
ATENCIÓN	1	A1	La tarea [con los modelos 3D] puede atraer mi interés desde el principio	3,41 (0,93)	3,97 (0,97)
	5	A2	Las partes de la asignatura explicadas [con modelos 3D] me parecen notables	3,23 (0,86)	3,74 (0,82)
	9	A3	[Con los modelos 3D] he descubierto interesantes conocimientos en la asignatura	3,59 (0,70)	3,89 (0,78)
	13	A4	[Los modelos 3D de] la asignatura captan mi atención	2,77 (1,30)	3,80 (0,93)
	17	A5	La asignatura es muy atractiva [gracias a los modelos 3D]	3,23 (1,07)	3,57 (0,88)
RELEVANCIA	2	R1	Los contenidos estudiados [con los modelos 3D] son muy parecidos a los problemas existentes en entornos reales	2,91 (0,92)	3,77 (0,88)
	6	R2	El contenido [de los modelos 3D] es muy práctico para mí	3,32 (1,12)	3,91 (0,94)
	10	R3	Después de estudiar [con los modelos 3D], me doy cuenta de su importancia educativa	3,32 (0,75)	4,00 (0,81)
	14	R4	El contenido [junto con los modelos 3D] es muy importante para comprender otras materias	2,82 (1,12)	3,37 (0,96)
	18	R5	El contenido [y diseño 3D] del material me dan ganas de estudiarlo	3,23 (1,02)	3,43 (0,90)
CONFIANZA	3	C1	[Gracias a los modelos 3D] tengo la impresión de que la asignatura la puedo recordar fácilmente después de las explicaciones en clase, incluso por primera vez	2,86 (1,22)	3,49 (0,92)
	7	C2	Los contenidos de la asignatura [vistos en 3D] han sido fáciles para mí	3,18 (1,02)	3,66 (0,82)
	11	C3	[Con el material 3D] es fácil de estudiar	2,77 (1,22)	3,86 (1,03)
	15	C4	El material [3D] tiene una buena estructura organizativa y de diseño; por lo tanto, estoy seguro de que puedo dominarlo	3,14 (0,96)	3,66 (0,82)
	19	C5	[Debido al uso de los modelos 3D] estoy seguro de que puedo conseguir una puntuación alta en el examen	3,14 (1,27)	2,82 (1,16)
SATISFACCIÓN	4	S1	Estoy más interesado en la Expresión Gráfica y el diseño ahora que ha acabado el curso [usando los modelos 3D]	3,18 (1,06)	3,60 (1,09)
	8	S2	Me siento satisfecho cuando logro terminar las prácticas [gracias a los modelos 3D]	3,91 (1,00)	3,54 (1,04)
	12	S3	Me gusta realizar las prácticas de la asignatura porque puedo estudiar autónomamente [gracias a los modelos 3D facilitados]	3,18 (1,20)	3,49 (1,08)
	16	S4	Me parece interesante estudiar la asignatura debido a su diseño [tridimensional elaborado]	3,18 (1,02)	3,86 (0,76)
	20	S5	Estoy contento de haber completado con éxito las prácticas del curso [gracias a los modelos 3D]	3,59 (1,09)	3,60 (0,94)

(*) [Entre corchetes] Parte de la frase sólo incluida en la encuesta del GX.

(**) Para más información: <http://arcsmodel.com>

Tabla 87 Estadísticos de IMMS

	(GC N = 22) (GX N = 35)	GC	GX	t de student	
				Diferencia MGX - MGC	t p
ARCS TOTAL		66,82	75,29	8,47	
M (SD)		(14,75)	(13,24)	(-1,51)	-2,249 0,029
Límite superior		96,0	100,0	4,0	
Límite inferior		43,0	50,0	7,0	

En la Fig. 181 se muestra la distribución del modelo ARCS para ambos grupos.

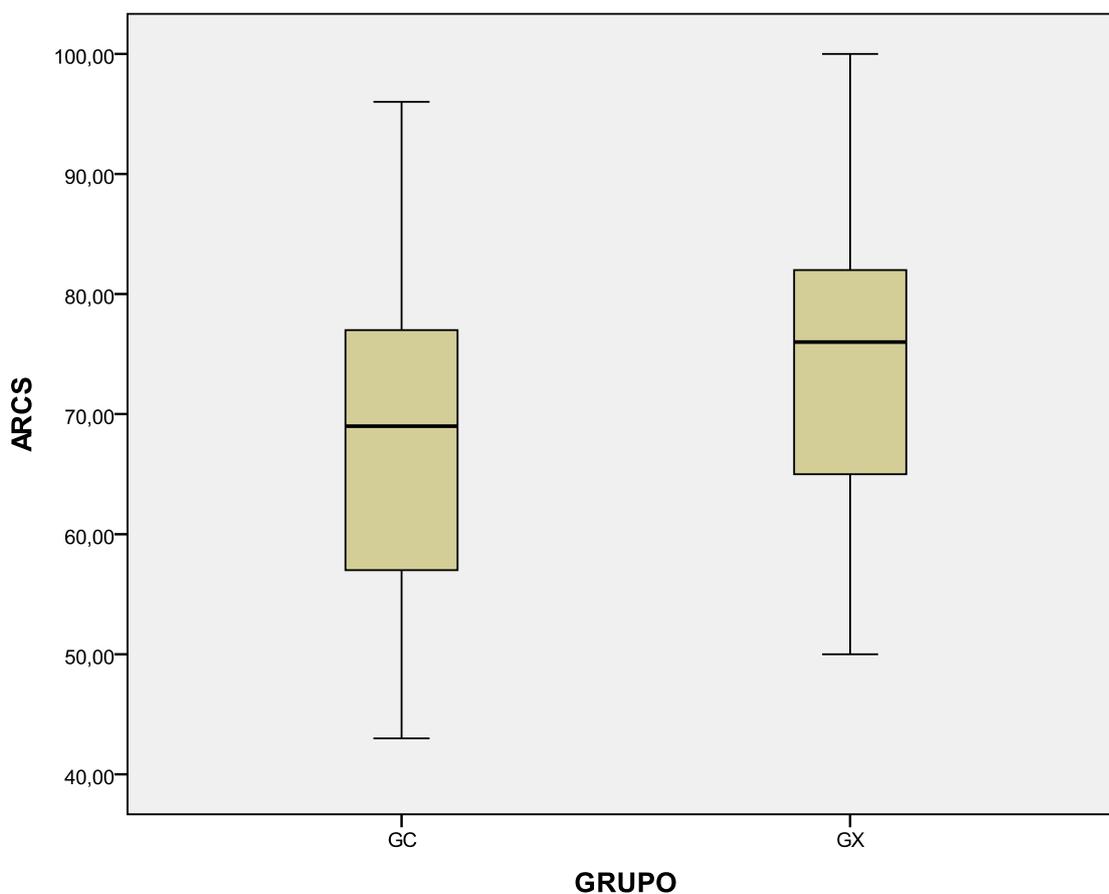


Fig. 181 Distribución Motivación ARCS ambos grupos

Con estos datos y realizando cinco graduaciones similares resultado de dividir el rango posible entre las 5 posibilidades de respuesta. Así, los participantes que obtuvieran de 20-35 puntos serían los que se clasificarían como, “Completamente desmotivados” y los que logaran de 84-100 puntos serían los que se denominan, “muy motivados”, entre estos extremos se situarían los grupos de 36-51 “Desmotivados”, 52-67 “Motivados” y 68-83 “Bastante motivados”. Véase Tabla 88.

Los valores medios y los gráficos reflejan, (Fig. 182 y Tabla 87), que los componentes del GC se pueden clasificar finalmente como “Motivados” y los del GX como “Bastante motivados”.

Tabla 88 ARCS Clasificación

ARCS Clasificación		Completamente Desmotivados 20-35		Desmotivados 36-51		Motivados 52-67		Bastante motivados 68-83		Muy motivados 84-100		Diferencias entre Grupos t de student	
(GC N = 22)	(GX N = 35)	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	t	p
ARCS	GC	0	0,0	4	18,2	6	27,3	10	45,5	2	9,0	-2,249	0,029*
	GX	0	0,0	1	2,9	9	25,6	17	48,6	8	22,9		

Considerando las escalas referidas a una puntuación de 5 puntos similar a la Likert utilizada en los test descritos se ha corroborado que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente mediante la prueba de Shapiro-Wilk, ($W = 0,972$, p -valor = $0,506$). Por otro lado, la prueba de Levene determinó la igualdad de varianza entre ambos grupos. ($F = 0,367$, p -valor = $0,547$).

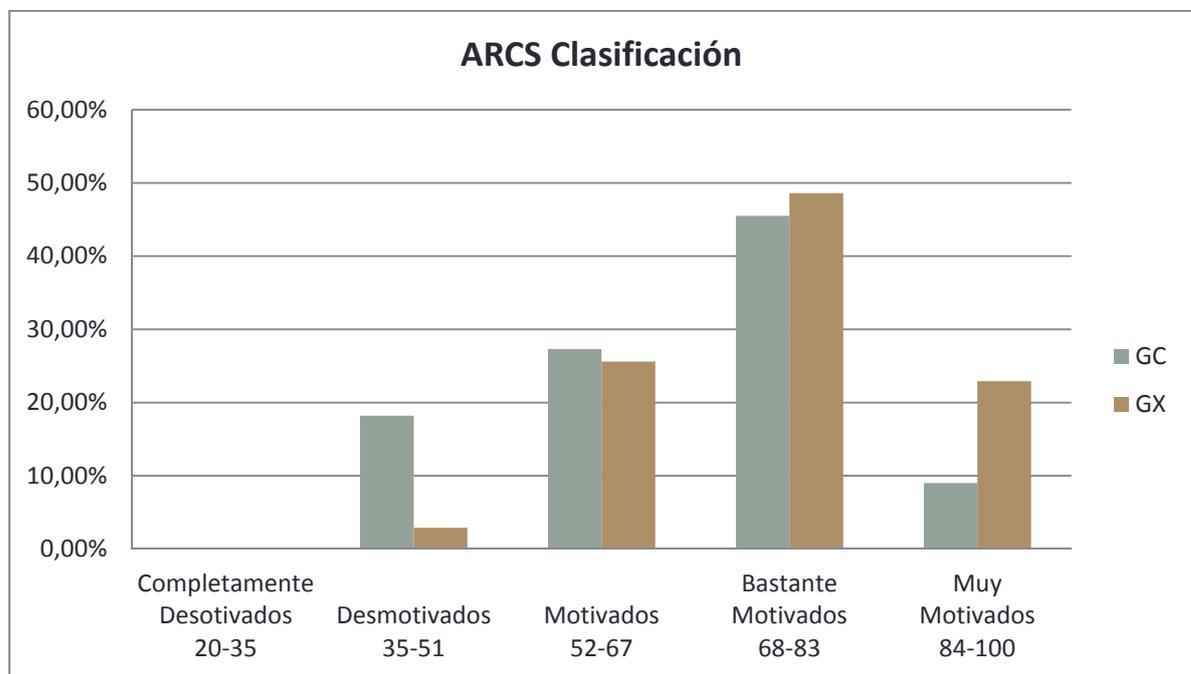


Fig. 182 ARCS Clasificación ambos grupos

El resultado de la comparación de las medias de la Motivación mediante la prueba t para muestras independientes mostró una diferencia estadísticamente significativa en la motivación entre los participantes del GX ($M = 3,76$, $SD = 0,66$) y los del GC ($M = 3,34$, $SD = ,74$), $t(55) = -2,249$, $p = 0,029$. Tabla 89.

Tabla 89 ARCS Resumen de estadísticos

ARCS Clasificación	GC	GX	Diferencia de medias MGX - MGC	Diferencias entre Grupos	
	N = 22	N = 35		t	p
	M (SD)	M (SD)			
A. Promedio Atención	3,36 (0,73)	3,90 (0,65)	0,54 (-0,08)	2,914	0,005*
R. Promedio Relevancia	3,25 (0,74)	3,81 (0,69)	0,56 (-0,05)	2,897	0,005*
C. Promedio Confianza	3,14 (0,94)	3,61 (0,71)	0,47 (-0,23)	2,114	0,039*
S. Promedio Satisfacción	3,60 (0,84)	3,60 (0,77)	0,00 (-0,07)	0,131	0,548
ARCS. Promedio Motivación	3,34 (0,74)	3,76 (0,66)	0,42 (-0,08)	2,249	0,029*

5.10.5. Escalas parciales

En la Tabla 89 se muestran los valores obtenidos para las cuatro subescalas que conforman la motivación según este modelo. En todas las subescalas las puntuaciones obtenidas por el GX son superiores a las del GC, siendo todas las subescalas para el GX superiores a 3,6 y para el GC inferiores a dicho valor. Los valores de la diferencia entre las puntuaciones medias fueron similares en los tres primeros casos e inferior en el último de ellos. Atención: ($M_{GX} = 3,90$, $M_{GC} = 3,36$, $M_{GX} - M_{GC} = 0,54$); Relevancia: ($M_{GX} = 3,81$, $M_{GC} = 3,25$, $M_{GX} - M_{GC} = 0,56$); Confianza ($M_{GX} = 3,61$, $M_{GC} = 3,14$, $M_{GX} - M_{GC} = 0,47$) y Satisfacción ($M_{GX} = 3,60$, $M_{GC} = 3,60$, $M_{GX} - M_{GC} = 0,00$).

Con el fin de comparar ambas experiencias, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk determinando que los datos procedentes de cada una de las cuatro subescalas de la motivación se comportan normalmente. (Atención, ($W = 0,964$, $p\text{-valor} = 0,581$); Relevancia, ($W = 0,978$, $p\text{-valor} = 0,713$); Confianza, ($W = 0,962$, $p\text{-valor} = 0,305$) y Satisfacción, ($W = 0,964$, $p\text{-valor} = 0,405$)).

Posteriormente se comprobó la igualdad de varianza entre ambos grupos por la prueba de Levene: Atención ($F = 0,636$, $p\text{-valor} = 0,429$), Relevancia ($F = 0,114$, $p\text{-valor} = 0,737$), Confianza ($F = 3,300$, $p\text{-valor} = 0,075$) y Satisfacción ($F = 0,026$, $p\text{-valor} = 0,873$).

Finalmente se llevaron a cabo la prueba t para muestras independientes para cada uno de los componentes de la motivación. Se mostró una diferencia estadísticamente significativa en la componente Atención, ($t = 2,914$, $p\text{-valor} = 0,005$), la componente Relevancia, ($t = 2,897$, $p\text{-valor} = 0,005$), y la componente Confianza, ($t = 2,114$, $p\text{-valor} = 0,039$).

Por otro lado, los resultados en cuanto a la Satisfacción indican que no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre ambos ambientes, $t = 0,131$, $p\text{-valor} = 0,548$).

5.10.6. Descomposición de componentes

En la Tabla 86 y, de manera más gráfica, en la Fig. 183 se muestran los valores de todas y cada una de las componentes de las escalas estudiadas.

De manera general, se puede señalar que para todos los factores excepto dos, los valores medios del GX son superiores a los valores medios del GC. Estos valores son C5 “debido al uso de los modelos 3D estoy seguro de que puedo conseguir una puntuación alta en el examen” y S2, “me siento satisfecho cuando logro terminar las prácticas gracias a los modelos 3D”.

Las preguntas que corresponden a la subescala de **Atención** son los números de ítem A1-A5, preguntas (1, 5, 9, 13, 17), en la Tabla 86 se observan sus correspondientes medias y desviaciones estándar de las preguntas relacionadas con dicho factor atención del modelo ARCS.

Respecto de los valores de **Atención** son superiores los valores reflejados en el grupo experimental, ($M = 3,90$), respecto de los del GC, ($M = 3,36$) por lo que los alumnos muestran que éstos son capaces de mejorar la atención en la instrucción de una manera significativa.

Para el GX se observa que el mayor valor corresponde con A1, “La tarea con los modelos 3D puede atraer mi interés desde el principio”, $M = 3,97$, así lo piensan con una

puntuación mayor o igual a 4 el 74,3 % de los encuestados. La que tiene puntuación más baja es A5, “la asignatura es muy atractiva gracias a los modelos 3D”, $M = 3,57$. La menor diferencia con el GC se produce en A3, $\Delta = 0,30$, ya que esta opción ha sido la mejor del GC, $M = 3,59$, “con los modelos 3D descubro interesantes conocimientos en la asignatura” y la mayor diferencia se da en A4, $\Delta = 1,03$, “los modelos 3D de la asignatura captan mi atención”, peor elemento considerado por GC, $M = 2,77$.

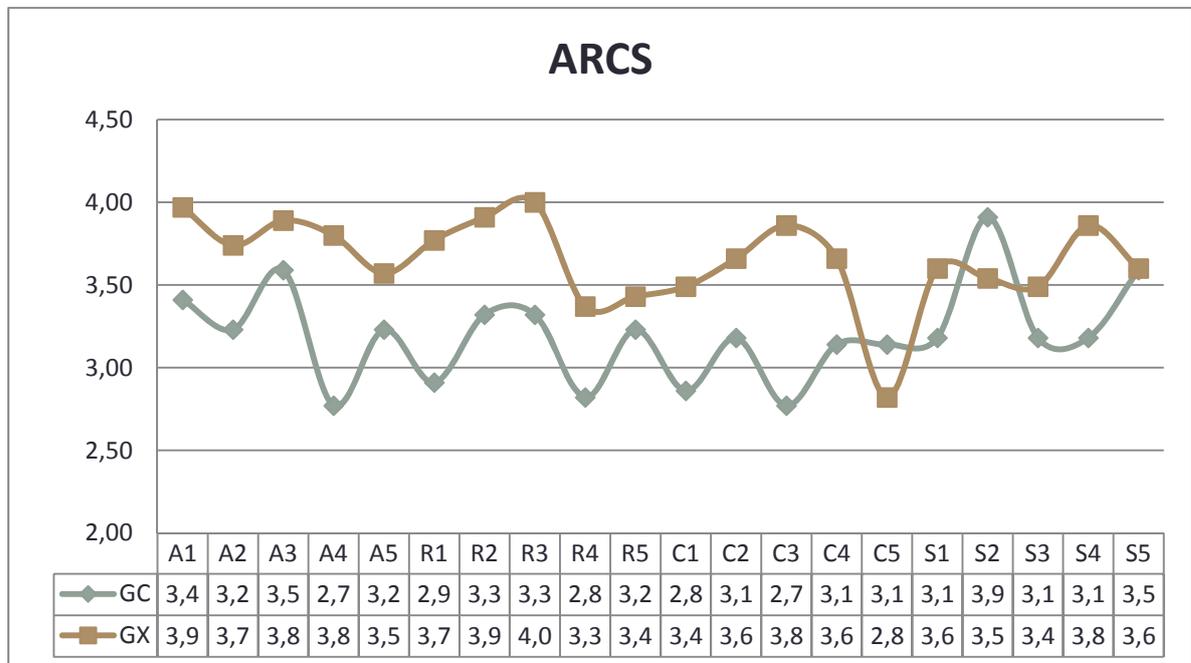


Fig. 183 Valores obtenidos en ítem escala IMMS de ARCS

Los ítems R1-R5, preguntas (2, 6, 10, 14, 18) corresponden a las medias y a las desviaciones estándar de las preguntas relacionadas con el factor **Relevancia** del modelo ARCS pudiendo observarse sus resultados en la Tabla 86.

En relación a los valores de Relevancia los valores del grupo de control siguen de nuevo, siendo inferiores, con lo que el procedimiento enseñanza aprendizaje llevado a cabo al incorporar modelos tridimensionales, por lo que se puede decir que es más significativo y útil para aquellos alumnos que los utilizan, ($M = 3,81$), que para aquellos que ni siquiera lo conocen ($M = 3,25$).

“El contenido de los modelos 3D es muy práctico”, R2, es una de las opciones mejor valoradas por los componentes del GC, $M = 3,32$, sin embargo es “en la importancia educativa”, R3, de los mismos en la Expresión Gráfica donde todos los participantes de ambos grupos están de acuerdo, $M_{GC} = 3,32$ y $M_{GX} = 4,00$, de una manera más positiva tras haberlos usado por los componentes del GX. Sin embargo, esta importancia decae cuando es considerada “para el resto de las materias”, R4, según los todos los componentes, tanto los del GC, $M = 2,82$, como los del GX, $M = 3,37$, aunque éstos últimos les asignan mejor puntuación. Por otro lado, la consideración de que los contenidos estudiados con los modelos 3D son muy parecidos a los problemas existentes en entornos reales, R1, es la mayor diferencia mostrada entre ambos grupos, $\Delta = 0,86$, por el contrario la menor de dicha diferencia es que “el contenido y diseño 3D del material me dan ganas de estudiarlo”, R5, $\Delta = 0,20$. Las preguntas vinculadas con el factor **Confianza** del modelo

ARCS son los ítems (3, 7, 11, 15, 19). Se ha resumido los valores medios y las desviaciones estándar de los mismos en la Tabla 86.

Para GX, (grupo que utilizó los modelos 3D), los valores obtenidos en la escala de confianza fueron los más altos ($M = 3,61$), que los conseguidos por el grupo de control ($M = 3,14$). Esto apunta que el alumnado del GX muestra una mayor confianza de manera significativa ante el éxito en el examen final de la materia que los alumnos del GC.

En este caso, los ítems han tenido un valor medio $M = 3,14$ en el grupo de control, siendo este valor significativamente más bajo que el obtenido en el grupo experimental, $M = 3,61$, lo que comporta que la confianza de los componentes del grupo de control es inferior a los pertenecientes a los del grupo experimental. Por lo tanto, puede concluirse que los modelos 3D se pueden utilizar para aumentar la confianza hacia el control de la asignatura de una manera significativa.

Además, por un lado, los componentes del GX, han obtenido la mejor puntuación, $M = 3,86$, y los del GC la peor puntuación, $M = 2,77$, en la opción C3, “con el material 3D es fácil de estudiar”, por ello, en ella se ha manifestado como la pregunta con mayor diferencia entre ambos grupos en lo que respecta a confianza $\Delta = 1,09$. Por otro lado y todo lo contrario ha pasado con la pregunta C5, “debido al uso de los modelos 3D estoy seguro de que puedo conseguir una puntuación alta en el examen”, en la que el GC ha obtenido una $M = 3,14$, el GX una $M = 2,82$ (la más baja de todas), y una diferencia $\Delta = -0,32$. Finalmente, el GC ha obtenido la mejor puntuación, $M = 3,18$, en el apartado C2, “los contenidos de la asignatura vistos han sido fáciles para mí”

Los resultados de las medias y desviaciones estándar de las preguntas S1-S5, (ítems (4, 8, 12, 16, 20), conectadas con el factor **Satisfacción** del modelo ARCS, se reflejan en la Tabla 86.

En este componente los valores medios de los ítem son idénticos entre ambos grupos en el grupo experimental, GX, ($M = 3,60$). Estos valores determinan que el nivel de satisfacción del grupo que ha utilizado los modelos 3D no fue superior a la del grupo de control.

Además el valor medio más alto se presenta para GX en S4, “me parece interesante estudiar la asignatura debido a su diseño tridimensional elaborado”, con $M = 3,86$ y donde se presenta la mayor diferencia con GC, $\Delta = 0,68$. No están satisfechos los componentes del GX con “la autonomía que le han facilitado los modelos 3D, S3, ya que el valor conseguido, $M = 3,49$, es el valor del grupo para esta categoría.

Ambos grupos se muestran igual de satisfechos en S5, donde se manifiesta que se está contento de haber completado con éxito las prácticas del curso gracias a los modelos 3D, $M = 3,60$.

Finalmente, los participantes del GC, muestran la mejor puntuación para S2, $M = 3,91$, obteniéndose además una diferencia en negativo, $\Delta = -0,37$, respecto del GX. El apartado se refiere a la satisfacción de lograr terminar las prácticas gracias a los modelos 3D, en el caso del GX, y sin ellos el GC.

Las distribuciones gráficas de los resultados pueden observarse en Fig. 184.

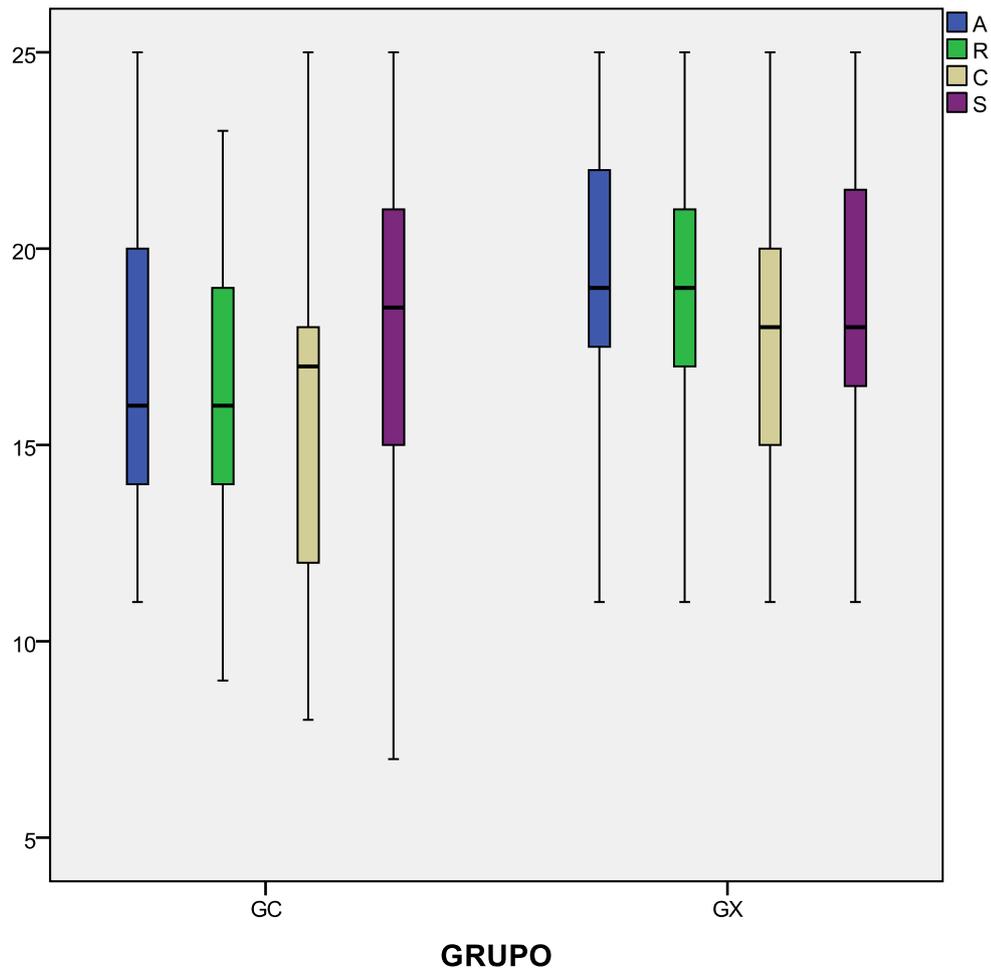


Fig. 184 Valores obtenidos de las subescalas A, R, C y S

5.10.7. Relación entre los factores IMMS

Para medir las relaciones entre los cuatro factores medidos por los IMMS se utilizó los coeficientes de correlación de Pearson. En la Tabla 90 se muestra los valores obtenidos para los coeficientes de intercorrelación lineal entre las cuatro subescalas. Como puede observarse con un nivel de significancia del 0,01, los resultados muestran una correlación muy alta, ya que se sitúa por encima del 0,700, puesto que en educación la mayoría de las variables son simultáneamente afectadas por una gran multitud factores.

La correlación más alta se presentó entre las subescalas atención y relevancia, ($r = 0,893$), y la más baja entre atención y satisfacción, ($r = 0,745$).

Tabla 90 Intercorrelaciones entre las cuatro subescalas.

Correlaciones	A (Atención)	R (Relevancia)	C (Confianza)	S (Satisfacción)
A (Atención)	-	-	-	-
R (Relevancia)	,893**	-	-	-
C (Confianza)	,789**	,805**	-	-
S (Satisfacción)	,745**	,786**	,803**	-

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

5.11. Cuarta pregunta de investigación

Q4. ¿Existe alguna diferencia de apreciación entre la valoración, cuantitativa y/o cualitativa, realizada entre los distintos miembros de estudio por pertenecer a uno u otro grupo de estudio?

5.11.1. Método Bipolar Laddering, BLA

En esta investigación se realizó un análisis cualitativo de la información, siguiendo el método Bipolar Laddering, BLA. De ella se pretendió deducir los aspectos positivos y negativos de la experiencia de enseñanza aprendizaje.

Para ello, 23 + 35 participantes de GC + GX, siguieron este método de recogida de información vía moodle: Enumeración, Valoración y Explicación de los aspectos notables de la experiencia, tanto a nivel positivo como negativo.

Posteriormente el investigador ordenó la información agrupando los aspectos positivos/negativos, sus puntuaciones y fijándose en las veces que se han repetido. Mayor citación define aspectos a descartar, positiva o negativamente.

Así, tras la recopilación de toda la información se ha agrupado por categorías. Se han anotado las puntuaciones recibidas y para aquellas que no se han recibido puntuación por los alumnos y debido a la incapacidad de realizar una entrevista personalizada con ellos, se les ha asignado un 5, de tal manera que se vea recogida la repetición de una determinada categoría, aunque no hay sido puntuada.

Normalmente, las puntuaciones dadas por los alumnos han sido superiores, con lo que no afecta a la intensidad de las categorías estudiadas.

Tras la suma de todas las puntuaciones obtenidas se obtiene la suma total de cada categoría, que al dividirla por el número de elementos que posee cada grupo nos da la puntuación definitiva de cada categoría, que se ordena por orden descendente en cada aspecto y grupo, siendo enfrentadas las distintas categorías obtenidas en ambos grupos, de control -GC- y experimental -GX-, para los aspectos positivos y negativos estudiados. Véase Tabla 91 y Tabla 92.

Las puntuaciones obtenidas han sido:

Tabla 91 Puntuaciones positivas Bipolar Laddering

GC ASPECTOS POSITIVOS	%	M	M	%	GX ASPECTOS POSITIVOS
Resolución de dudas	52,17	4,43	5,18	77,14	Modelos 3D. Ayuda. Comprensión
Autocad	43,48	3,17	3,18	40,00	Profesorado. Explicaciones
Clases amenas, interesantes	30,43	2,17	2,53	28,57	Unidades didácticas o lecciones
Unidades didácticas o lecciones	26,09	2,17	2,12	31,43	Autocad
Equipamiento: aulas, pizarra, mesas	17,39	1,48	0,91	11,43	Creatividad, Variedad, Satisfactorio
Profesorado. Explicaciones	17,39	1,22	0,88	11,43	Pragmatismo de las clases
Materiales	17,39	1,09	0,65	8,57	Optimización de las clases en tiempo
Refuerzo de la capacidad espacial	17,39	1,04	0,62	8,57	Metodología
Buen número de alumnos	4,35	0,22	0,47	8,57	Ambiente de trabajo en general
			0,35	5,71	Importancia para el futuro profesional

Tabla 92 Puntuaciones negativas Bipolar Laddering

GC ASPECTOS NEGATIVOS	%	M	M	%	GX ASPECTOS NEGATIVOS
Mucho contenido. Falta de tiempo	47,83	2,87	3,15	57,14	Mucho contenido. Falta de tiempo
Mucha teoría, más practicas	47,83	2,70	2,32	40,00	El aula de practicas
Mucho trabajo que entregar	26,09	1,39	1,26	22,86	Falta de tutorización del alumnado
Unidades didácticas o lecciones	21,74	1,09	0,74	14,29	Ninguno
Demasiados alumnos	13,04	0,61	0,74	11,43	Organización. Horarios
Ninguno	8,70	0,43	0,71	11,43	Demasiados alumnos
Falta de tutorización del alumnado	8,70	0,39	0,36	8,57	Unidades didácticas o lecciones
Organización. Horarios	4,35	0,39	0,12	2,86	Uso de programas 3D
No contenido visual	4,35	0,22			

Ejemplos de comentarios positivos relacionados:

- Opiniones positivas del GC:
 - *“Resolución de ejercicios. Los ejercicios y las dudas son resueltos de forma efectiva”.*
 - *“Resolución de dudas; siempre en las prácticas el profesor iba mesa por mesa preguntando si había dudas y resolviéndolas”.*
 - *“La explicación de cada práctica. El uso de herramientas como el proyector para representar los dibujos es de gran ayuda”.*
 - *“La posibilidad de realizar lo que no sabes en clase. Ayuda a aprender mejor y resolver pequeñas dudas”.*
 - *“Que las prácticas son semanales. Esto ayuda a llevar una continuidad de la asignatura y además ir a la par de las clases teóricas”.*
 - *“Prácticas acordes con la teoría: ponemos en práctica lo enseñado en clase”.*
 - *“Posibilidad de terminar las prácticas en clase y que sean explicadas”.*
 - *“Autocad. Es bueno integrar programas informáticos orientados a la Expresión Gráfica”.*
 - *“Aulas perfectamente equipadas y cómodas. Pizarras grandes”.*
- Opiniones positivas del GX:
 - *“Los programas utilizados para visualizar en 3D. Creo que lo más importante en dibujo es saber qué se está haciendo y visualizarlo o, al menos, tener una idea”.*
 - *“La visión en 3D con la cámara me ha parecido fenomenal. (La que más me ha gustado)”.*
 - *“La aplicación de la Realidad Aumentada. Me ha gustado mucho la facilidad dada”.*
 - *“Modelos 3D. Ayudan a la visión espacial”.*
 - *“Los modelos 3D y las carpetas con las soluciones de las prácticas antes de estas, porque ayudaban a entender mejor los ejercicios que se pedían”.*
 - *“Autocad, Lo veo más útil que el dibujo a mano”.*
 - *“Aprender a manejar Autocad, ya que es una elemento muy útil para el futuro y el diseño”.*
 - *“La asignatura es más práctica que teórica y está bien que hagamos ejercicios”.*

Ejemplos de comentarios negativos relacionados:

- Opiniones negativas del GC:
 - *“Clases muy intensas, poco tiempo para los ejercicios. Demasiado largos, los ejercicios, para el tiempo de la clase”.*

- “Lo que menos me ha gustado ha sido que las clases eran cortas de tiempo”.
 - “Falta de clases para aplicar las prácticas. Falta de horas”.
 - “Mucho temario. Se ha abarcado demasiada materia en muy poco tiempo”
 - “Más prácticas y menos teoría: la asignatura es en su mayoría realizar ejercicios, aunque tienen fundamento teórico pienso que como aprendo yo desde mi experiencia es dibujando”.
 - “No encuentro más aspectos negativos de la asignatura, pero me gustaría que hubiera más clases prácticas y menos teóricas pues esta es una asignatura plenamente práctica”.
 - “Cantidad de prácticas; demasiadas cosas que entregar y hasta el último día del cuatrimestre es mucho, aunque es comprensible por todo el contenido”.
 - “Demasiada gente: aunque supongo que será imposible, pienso que debería haber tres grupos reducidos en vez de dos”.
- Opiniones negativas del GX:
 - “Muchos ejercicios que aunque hayan servido para aprender mucho, algunas prácticas eran muy largas”.
 - “Pocas horas de prácticas. (Deberían añadirse al menos una clase más a la semana). Falta de tiempo”.
 - “El tiempo para realizar la práctica en clase era bastante justo y si no se entendían bien los conceptos era casi imposible terminarla para el día”.
 - “Aula indebida. (Aunque es cierto que los ordenadores son útiles a la hora de entender las prácticas y que el profesor utiliza mucho la pantalla, el espacio de trabajo es muy pequeño). Una mesa de dibujo habría ayudado bastante”.
 - “Era muy incómodo trabajar en el aula de informática”.
 - “Aula donde se imparte. Es importante un aula adecuada. Finalmente que demos la clase de dibujo en el aula de informática en vez de en una más adecuada, los monitores molestan cuando se trata de ver la pizarra”.
 - “Aula de informática, dibujo debería hacerse en aulas de dibujo. Las mesas de trabajo son incómodas. Poco espacio en la mesa para realizar las prácticas”.
 - “Grupos más pequeños habrían permitido más atención individualizada. Hay muchas personas en el aula”.

En cuanto a los aspectos positivos, los estudiantes pertenecientes al GC valoran más la resolución de dudas durante las clases prácticas (4,43) y Autocad (3,17), con unos niveles de citación de 52,17% y 43,48%. Puestos destacados también ocupan la valoración de distintos temas (2,17), siendo reseñable lo interesante de las clases (2,17), el equipamiento (1,48) y las explicaciones del profesorado (1,22), junto con los materiales aportados (1,09).

En cuanto al grupo experimental, GX, son los modelos 3D la categoría más reseñada (5,18), nombrada por el 77,14 % de los participantes del grupo, que ayudan a la resolución de dudas, comprensión y mejora de la capacidad espacial, según los alumnos, mientras que aspecto del refuerzo de la capacidad espacial es uno de los puntos con menor puntuación en el GC, (1,04) y que se muestra como un elemento negativo de escasa importancia por el GX (0,12). La falta de contenido visual se nombra como categoría destacada minoritariamente en el GC (0,22).

En este grupo se relega al programa Autocad (2,12) a un cuarto puesto, en lugar del segundo del GC.

En el grupo experimental, las explicaciones del profesorado (3,18) acaparan el segundo lugar en lugar del sexto, lugar asignado en las opiniones del grupo de control.

En el GX, tal y como pasa en el GC, las valoraciones de las distintas partes o lecciones realizadas (2,53) y lo ameno e interesante de las clases (0,91), ampliándose este último punto con lo aplicable a la práctica de las clases (0,88), la optimización del tiempo en las mismas (0,65), así como en la metodología llevada a cabo (0,62), siendo en total 3,06.

Como elementos positivos con menos puntuación tenemos en el GX, se observa el ambiente de trabajo en general (0,47) y la conciencia de la importancia de la asignatura para futuro profesional (0,35).

Un punto positivo a reseñar en el grupo de control ha sido las instalaciones, el equipamiento, pizarra y mesas de dibujo a la hora de realizar las prácticas (1,48). Este elemento ha sido reseñado como negativo 2,32 por el alumnado del grupo experimental, además en un segundo puesto.

En ambos grupos el aspecto negativo principal es la falta de tiempo y la gran cantidad de contenido que se da en la asignatura, GC (2,87) y GX (3,15). Siendo remarcable por el grupo de control además, la cantidad de teoría respecto de las prácticas (2,70) y la cantidad de prácticas a entregar (1,39).

Hay coincidencia en otros puntos negativos intermedios como son la cantidad de alumnos del grupo, GC (0,61) y GX (0,71), aunque algún alumno del grupo de control señala que es el adecuado (0,22); la organización y sincronización de horarios, GC (0,39) y GX (0,74), y la falta de tutorización del alumnado, GC (0,39) y GX (1,26).

Algunas lecciones también se han valorado negativamente, GC (1,09) y GX (0,36), aunque otras lo han sido positivamente, GC (2,17) y GX (2,53).

Finalmente quiere reseñarse el valor de que ningún aspecto le parecía reseñable a elementos de ambos grupos, GC (0,43) y GX (0,74).

5.11.2. Método tradicional 2D vs 3D

Este apartado tiene como finalidad complementar los comentarios abiertos expresados por los alumnos en el método BLA-laddering, con objeto de subsanar la falta de detalle del mismo debido a la imposibilidad de realizar una entrevista personal con cada uno de los participantes que lo realizaron. Ha sido contestado por 23 alumnos del GC y 35 del GX.

5.11.3. Usabilidad

La primera parte del test completado por los estudiantes de ambos grupos estaba formado de varias cuestiones agrupadas referentes a la usabilidad general de los materiales usados, apoyada en la definición realizada por la normativa ISO 9241-210 y la ISO/IEC 25000,

Se desea saber la opinión del alumnado respecto de los modelos 3D utilizados por el profesor para explicar, en relación con la facilidad de comprensión y la ayuda que presenta para un desarrollo de la capacidad de visualización espacial, Tabla 93.

El fin que se quería determinar era que si para los alumnos del GX los modelos 3D son más adecuados en la práctica docente que los materiales tradicionales que para los componentes del GC.

Las 10 preguntas *ad hoc* Likert de 5 puntos de que se compone el test abarcaban las tres componentes de la usabilidad: eficacia, eficiencia y satisfacción, concluyendo con una pregunta final Likert de 10 puntos de valoración general de dicho sistema.

Las preguntas respecto de la Usabilidad han sido las siguientes:

I. USABILIDAD GENERAL

Tabla 93 Valoración sobre la Usabilidad del curso

1. Valoración de la Usabilidad del curso (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)

U01	El curso ofrece un contenido eficiente para la realización de las tareas propuestas.
U02	El curso me ha ayudado a comprender mejor los conceptos de la asignatura.
U03	Ahora comprendo mejor la representación de elementos tanto en 2D como en 3D.
U04	El curso me ayuda a interpretar lo representado en 2D.
U05	El curso ha mejorado mi capacidad para interpretar un plano o ejercicios en 2D.
U06	El curso ha mejorado mi capacidad para realizar un plano o ejercicio en 2D.
U07	Creo que el curso ha mejorado mis habilidades espaciales.
U08	El curso es una potente herramienta para mi desarrollo como estudiante.
U09	¿Recomendarías el uso del curso a otros compañeros?
U10	En términos generales: estoy satisfecho con el curso. (Valoración: 1-10)

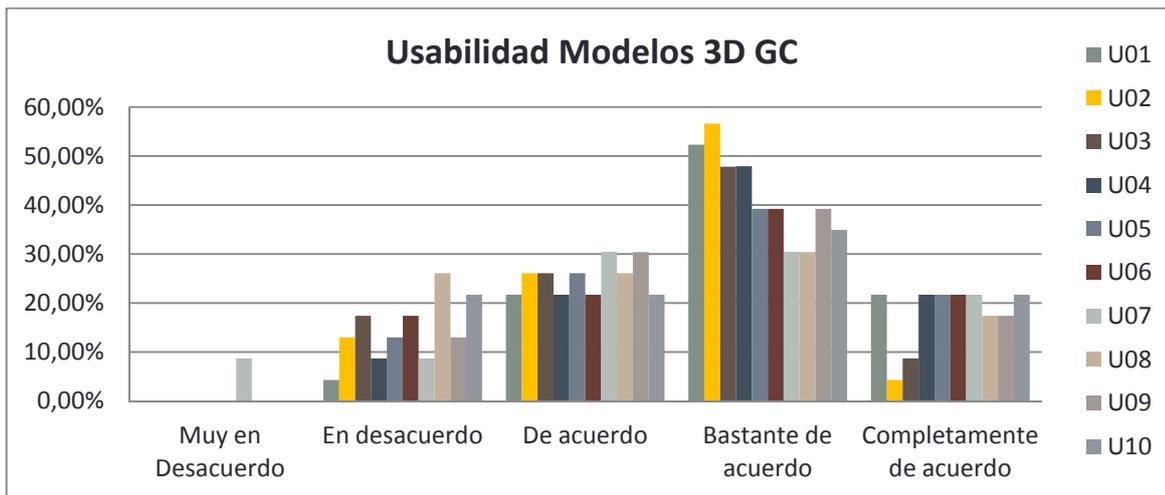


Fig. 185 Valoración usabilidad modelos 3D por GC

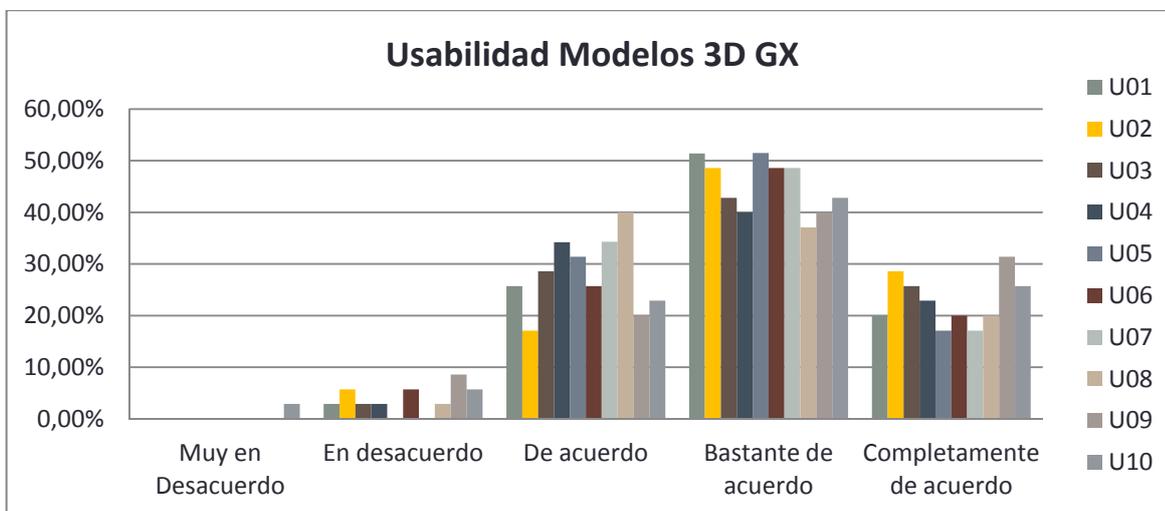


Fig. 186 Valoración usabilidad modelos 3D por GX

Tabla 94 Resultados de la Usabilidad de los modelos 3D

		Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo		Z	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
U01	GC	0	0,0	1	4,3	5	21,7	12	52,3	5	21,7	391,5	0,849
	GX	0	0,0	1	2,9	9	25,7	18	51,4	7	20,0		
U02	GC	0	0,0	3	13,0	6	26,1	13	56,6	1	4,3	277,5	0,031*
	GX	0	0,0	2	5,7	6	17,1	17	48,6	10	28,6		
U03	GC	0	0,0	4	17,4	6	26,1	11	47,9	2	8,7	302,5	0,090
	GX	0	0,0	1	2,9	10	28,6	15	42,8	9	25,7		
U04	GC	0	0,0	2	8,7	5	21,7	11	47,8	5	21,7	394,0	0,886
	GX	0	0,0	1	2,9	12	34,2	14	40,0	8	22,9		
U05	GC	0	0,0	3	13,0	6	26,1	9	39,2	5	21,7	373,0	0,615
	GX	0	0,0	0	0,0	11	31,4	18	51,5	6	17,1		
U06	GC	0	0,0	4	17,4	5	21,7	9	39,2	5	21,7	369,5	0,577
	GX	0	0,0	2	5,7	9	25,7	17	48,6	7	20,0		
U07	GC	2	8,7	2	8,7	7	30,4	7	30,4	5	21,7	345,5	0,336
	GX	0	0,0	0	0,0	12	34,3	17	48,6	6	17,1		
U08	GC	0	0,0	6	26,1	6	26,1	7	30,4	4	17,4	327,5	0,211
	GX	0	0,0	1	2,9	14	40,0	13	37,1	7	20,0		
U09	GC	0	0,0	3	13,0	7	30,4	9	39,2	4	17,4	321,0	0,173
	GX	0	0,0	3	8,6	7	20,0	14	40,0	11	31,4		
U10	GC	0	0,0	5	21,7	5	21,7	8	34,9	5	21,7	352,0	0,414
	GX	0	0,0	3	8,6	6	17,2	18	51,4	8	22,8		

(*) La pregunta U10 se valoraba de 1 a 10. En los resultados expuestos se ha agrupado los valores de dos en dos.

Los resultados se encuentran en la Fig. 185, en la Fig. 186 y en la Tabla 94.

Primeramente, se realizó la fiabilidad interna del test con el coeficiente alfa de Cronbach. El valor obtenido ha sido 0,922 de manera global, lo cual sugiere una fiabilidad alta. Sólo se han encontrado diferencias significativas en una de las preguntas realizadas. Más tarde, se creó otra variable como suma de las contestaciones anteriores. Las puntuaciones finales de la misma pueden fluctuar entre un mínimo de 11 y un máximo de 55. En la Tabla 95 se exponen los estadísticos totales.

Tabla 95 Estadísticos de Usabilidad

	(GC N = 23) (GX N = 35)	GC	GX	Diferencia	t de student	
				MGX - MGC	t	p
USABILIDAD		39,13	41,91	2,78		
M (SD)		(9,27)	(6,65)	(-2,62)	-1,332	0,188
Límite superior		43,14	44,20	1,06		
Límite inferior		35,12	42,05	6,93		

Las valoraciones de ambos grupos GC y GX para las tecnologías usadas tradicional (M = 39,13, SD = 9,27) y Modelos 3D (M = 41,91, SD = 6,65) son positivas. Se han agrupado los resultados, en cinco conjuntos: 11-19 Nada utilizable, 20-28 Poco utilizable, 29-37 Utilizable, 38-46 Bastante utilizable y 47-55 Muy utilizable. El criterio de separación corresponde a dividir el rango posible entre cinco porciones equivalente a las cinco

posibilidades de respuesta. La distribución de las puntuaciones se representa en la Tabla 96 y su representación gráfica puede verse en la Fig. 187 y en la Fig. 188.

Hay que reseñar que el método con los modelos 3D, GX, obtiene mejores puntuaciones y se considera mejor por los encuestados, aunque ambos métodos obtiene una clasificación de bastante utilizable. Además, ambos grupos considera a ninguno de los métodos nada utilizable.

Tabla 96 Usabilidad de los Métodos

Valoración de la Usabilidad del curso													
USABILIDAD DE MÉTODOS		Nada Utilizable 11-19		Poco Utilizable 20-28		Utilizable 29-37		Bastante utilizable 38-46		Muy Utilizable 47-55		t	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
		GC	0	0,0	4	17,4	6	26,1	8	34,8	5		
GX	0	0,0	2	5,7	5	14,3	18	51,4	10	28,6			

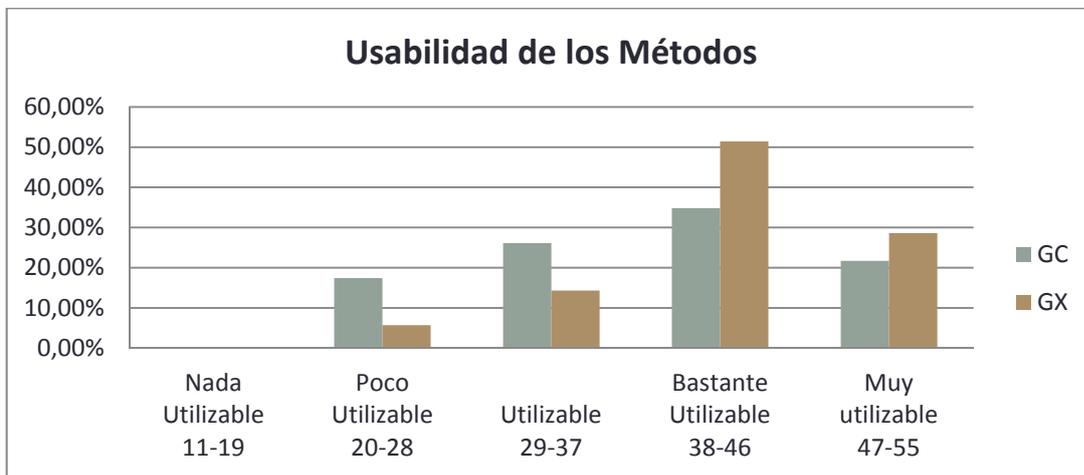


Fig. 187 Usabilidad de los Métodos

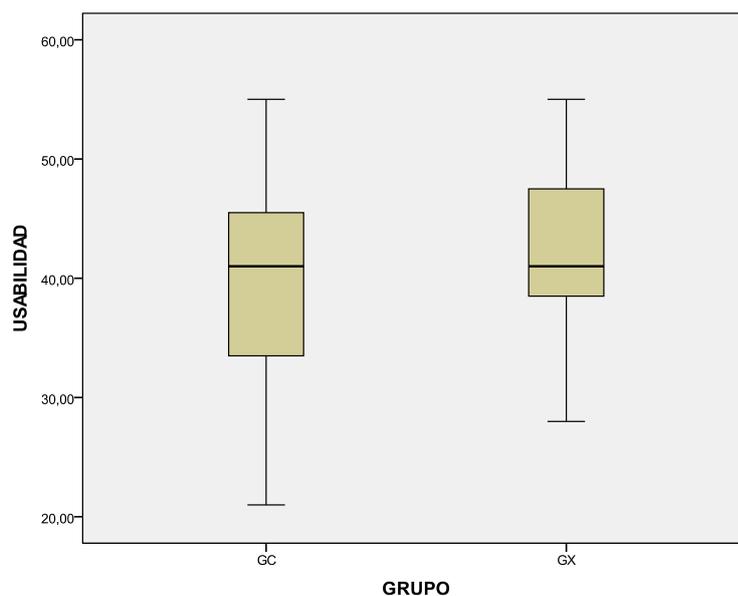


Fig. 188 Usabilidad de los métodos ambos grupos

Las puntuaciones reflejadas poseían una distribución normal, (prueba de Shapiro Wilk). Por otro lado, se comprobó la igualdad de varianza mediante la Prueba de Levene ($F = 3,137$ $p = 0,082 > 0,05$). La prueba t de Student para muestras independientes, ($t = -1,332$ $p = 0,188 > 0,05$), estableció la no existencia de una diferencia significativa entre las puntuaciones obtenidas por ambos grupos, GC y GX, aun siendo las puntuaciones del GX superiores a las del GC.

5.11.4. Comparativa entre métodos

Dentro de este mismo test, el segundo bloque de preguntas se refiere a las preferencias de los alumnos respecto de la metodología de enseñanza y elementos que la complementan, a fin de comparar las preferencias en cuanto a cómo se dan las clases entre ambos grupos, lo que han llevado el proceso tradicional GC, con los que han visto ampliado el proceso con los modelos 3D y, observar si existen cambios en la elecciones por la incorporación de los mismos. Véase Tabla 97 y Fig. 189.

II. METODOLOGÍA DE CLASE

Tabla 97 Métodos para explicar en clase UMA

1. Métodos para explicar la clase	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 23	N = 35	χ^2	P
	%	%		
De viva voz sin dibujos	0,0	2,9	0,669	0,414
Fotografías/imágenes de presentaciones	21,7	31,4	0,652	0,419
Con dibujos en la pizarra 2D	65,2	60,0	0,160	0,689
Con dibujos en la pizarra en perspectiva	87,0	65,7	3,266	0,071
Con modelos 3D [SKP]	73,9	77,1	0,079	0,779
[RA]	73,9	57,1		

(*) [Entre corchetes] Parte de la frase sólo incluida en la encuesta del GX.

En cuanto la **primera pregunta** referente a los métodos usados para explicar la lección en clase los alumnos podían escoger entre todas las opciones posibles y contestar todas las que quisieran.

En este caso, el elemento más elegido por GC ha sido los dibujos en perspectiva en pizarra (87,00%), seguido de los modelos tridimensionales (73,90%), no muy distantes están los dibujos en 2D en pizarra (65,20%) y el elemento menos valorado son fotografías e imágenes (21,70%) y ninguna valoración ha obtenido explicaciones sólo sin apoyo de ninguna parte. En el caso de GX, son los modelos SKP (77,10%) los más valorados, seguidos de los elementos en pizarra, (Perspectivas (65,70%) y dibujos 2D (60,00%)), quedando la RA a un cuarto puesto (57,10%). Bajas valoraciones también reciben en este caso las fotografías e imágenes y las explicaciones sin dibujos. No existen diferencias significativas entre ambos grupos.

Por otro lado, se encuentran la **segunda pregunta** relativa a lo que consideran más claro para entender las explicaciones y los ejercicios.

Por un lado, GC afirma que las explicaciones del profesor (60,90%) y los dibujos 2D (65,20%) aclaran sus dudas, las contestaciones pueden verse en la Fig. 190 y en la Tabla 98.

Por otro lado, para GX, la actuación del profesor (77,10%) es la más valorada, y los dibujos 2D disminuyen su protagonismo (37,10%) frente los modelos 3D SKP (62,60%). Los modelos 3D RA no han sido muy valorados (31,40%), ver Fig. 190 y en la Tabla 98.

Se observan diferencias significativas en los grupos respecto de que los alumnos que ya están acostumbrados al uso de modelos 3D, si pudieran los elegirían antes que los modelos 2D ($\chi^2 = 4,381$ $p = 0,036^* < 0,05$)

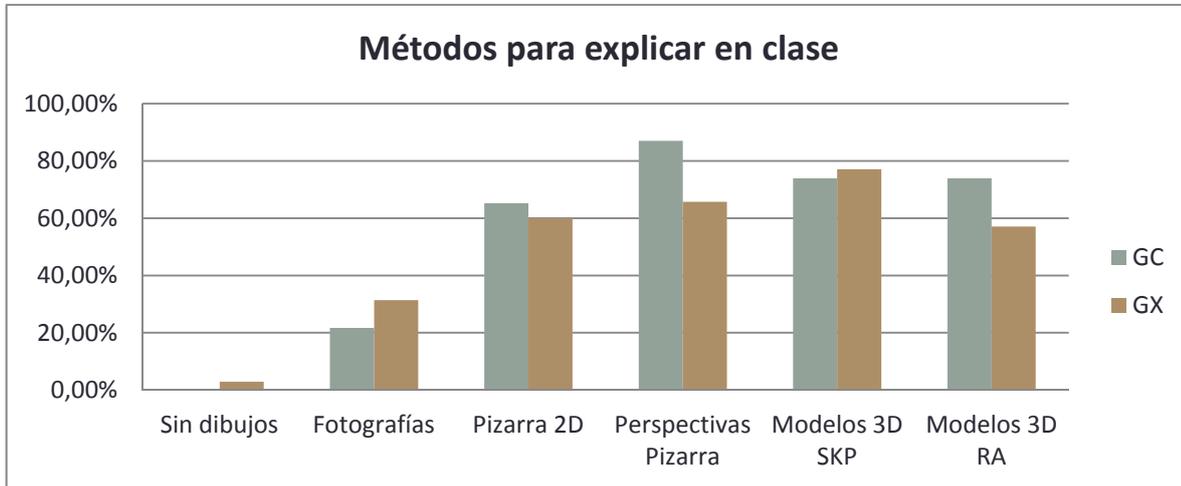


Fig. 189 Métodos para explicar en clase

Tabla 98 Métodos para comprender la clase UMA

2. Métodos para comprender la clase, explicaciones y ejercicios:	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 23	N = 35	χ^2	p
Explicaciones del profesor	60,9	77,1	1,774	0,183
Con dibujos 2D	65,2	37,1	4,381	0,036*
[Con modelos 3D] [(SKP)]	-	62,9	-	-
[(RA)]	-	31,4	-	-

(*) [Entre corchetes] Parte de la frase sólo incluida en la encuesta del GX.

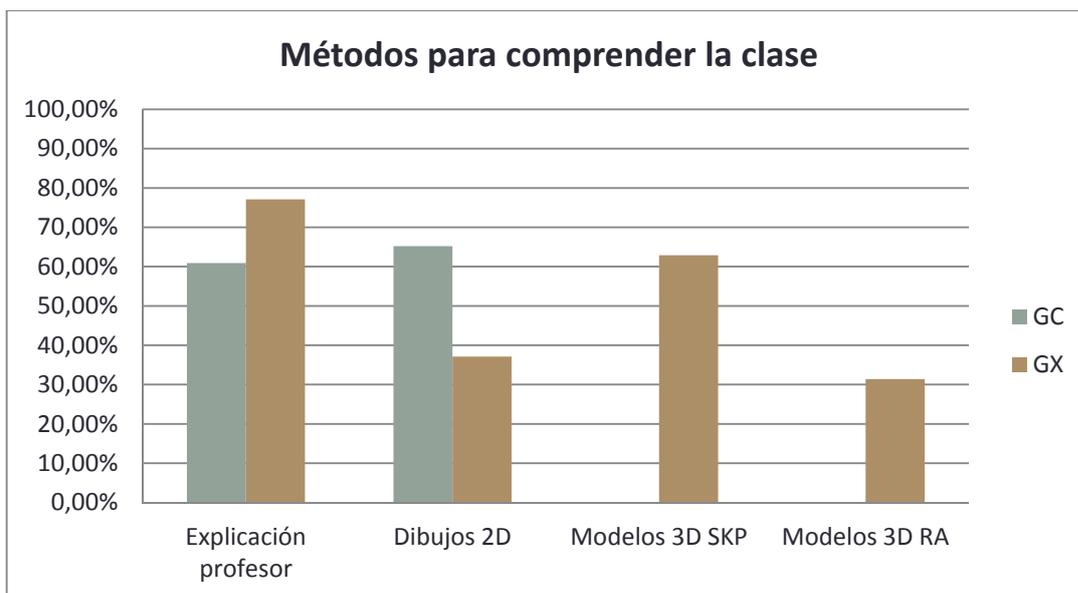


Fig. 190 Métodos para comprender la clase UMA

Por otro lado, en relación a la **tercera pregunta** relativa a una elección sobre los métodos para aclarar dudas, (sólo es posible una respuesta), son las perspectivas en la pizarra la única opción posible para el GC (43,50%). Para GX, son elegidos los modelos 3D SKP (51,40%) frente las perspectivas en la pizarra (20,00%). Los modelos 3D RA son poco valorados (11,40%). Los datos numéricos pueden consultarse en la Tabla 99, así como la representación gráfica en la Fig. 191.

Tabla 99 Métodos para aclarar dudas por grupos

3. Métodos para aclarar dudas sobre las distintas posibilidades de visión en 3D:
(Sólo es posible una respuesta)

	(GC N = 23) (GX N = 35)	Perspectivas en la pizarra		Me es indiferente		Modelos 3D SKP		Modelos 3D RA		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%		
PARA ACLARAR DUDAS (II)	GC	10	43,5	13	56,5	-	-	-	-	58,000	0,000*
	GX	7	20,0	6	17,1	18	51,4	4	11,4		

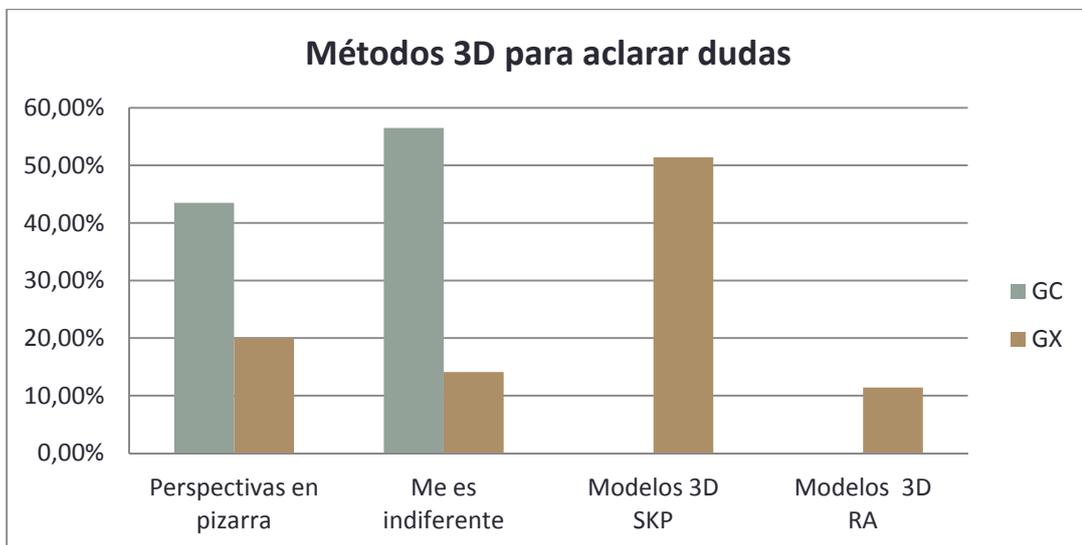


Fig. 191 Métodos para aclarar dudas (II) por grupos

Como conclusión se puede mencionar que GX al conocer los modelos 3D, valoran más éstos en detrimento de los dibujos 3D presentados en la pizarra. Se puede decir que los modelos 3D suplen a éstos. Los modelos 3D RA no son muy cotizados.

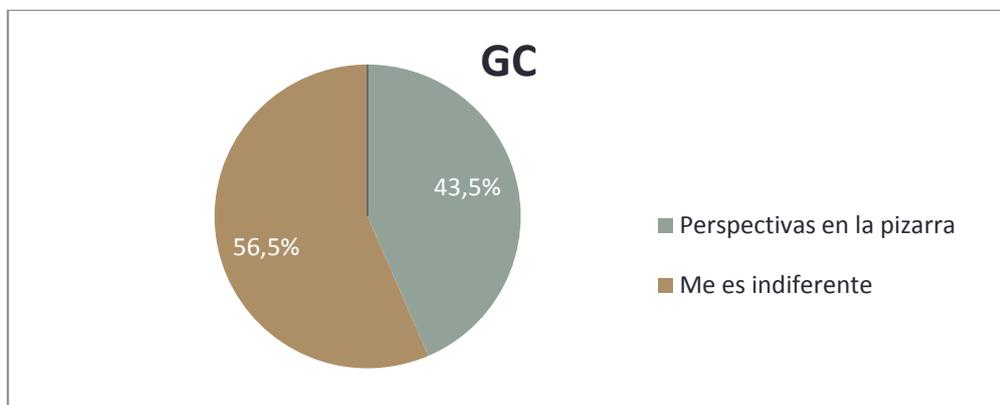


Fig. 192 Elección entre métodos para aclarar dudas GC

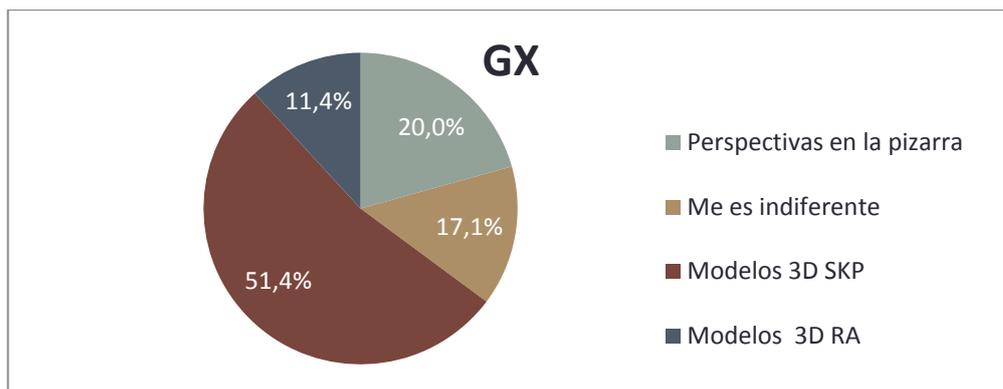


Fig. 193 Elección entre métodos para aclarar dudas GX

Las preguntas cuarta y quinta, son sobre las preferencias entre apuntes y la realización de los ejercicios, en papel o con apuntes digitales y, con o sin, modelos 3D.

En cuanto a la presentación de apuntes, no existen una tendencia clara, digamos que hay una disparidad de opiniones en ambos grupos ya que los porcentajes son (GC papel (30,40%), digital (30,40%), indiferente (39,10%) - (GX papel (42,90%) digital (25,70%), indiferente (31,40%). Los estudiantes se muestran más claros cuando se habla de acompañar los mismos con modelos 3D, así estaban de acuerdo con esta opción GC (78,30%) GX (77,10%) frente a las otras dos posibles.

La realización de ejercicios se prefiere en formato papel en ambos grupos, (GC (52,20%) GX (57,10%)), sobre el dibujo en CAD. El acompañamiento de la realización de los ejercicios con modelos 3D es algo que para el GC es elegible (47,80%), pero le es indiferente también a un porcentaje parecido de alumnos (43,50%), sin embargo, para el GX se inclinan más por su elección (68,60%) que por la indiferencia de uso (22,90%), una vez que se han usado.

Tabla 100 Papel vs Digital

4. Señala como preferirías que se presenten los apuntes y realizar los ejercicios: en papel, en formato digital o me es indiferente. (Marca sólo una respuesta)

(GC N = 23) (GX N = 35)		En papel		En formato digital		Es indiferente		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%		
PRESENTACIÓN DE APUNTES	GC	7	30,4	7	30,4	9	39,2	0,916	0,633
	GX	15	42,9	9	25,7	11	31,4		
REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	GC	12	52,2	6	26,1	5	21,7	0,540	0,763
	GX	20	57,1	10	28,6	5	14,3		

Tabla 101 Con o sin Modelos 3D

5. Señala como preferirías que se presenten los apuntes y realizar los ejercicios. (Marca sólo una respuesta)

(GC N = 23) (GX N = 35)		Sin Modelos 3D		Con Modelos 3D		Es indiferente		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%		
PRESENTACIÓN DE APUNTES	GC	1	4,3	18	78,3	4	17,4	0,053	0,974
	GX	2	5,7	27	77,2	6	17,1		
REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	GC	2	8,7	11	47,8	10	43,5	2,892	0,236
	GX	3	8,6	24	68,6	8	22,9		

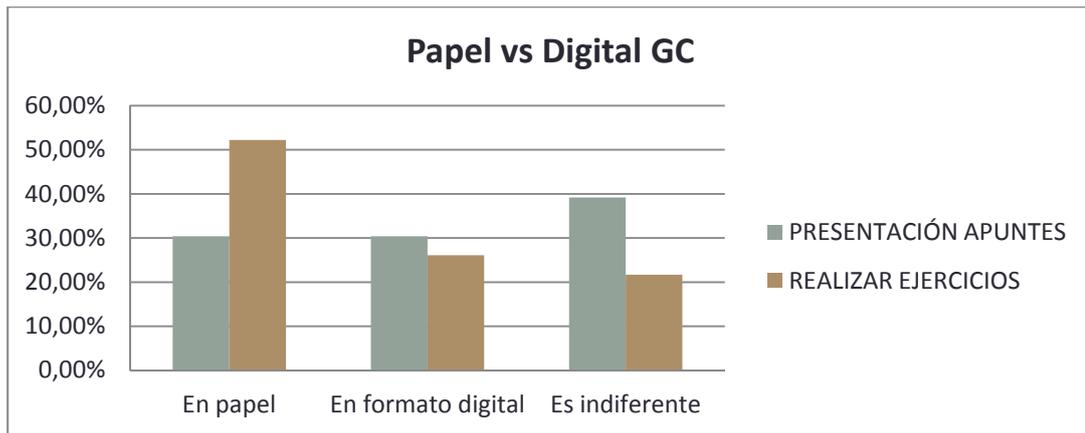


Fig. 194 Papel vs Digital GC

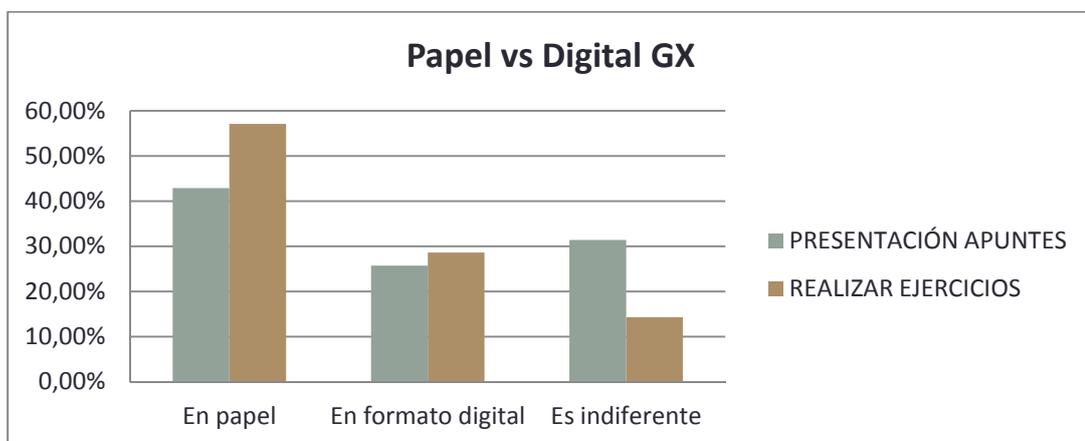


Fig. 195 Papel vs Digital GX

Tabla 100 Papel vs Digital

4. Señala como preferirías que se presenten los apuntes y realizar los ejercicios: en papel, en formato digital o me es indiferente. (Marca sólo una respuesta)

		En papel		En formato digital		Es indiferente		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%		
PRESENTACIÓN DE APUNTES	GC	7	30,4	7	30,4	9	39,2	0,916	0,633
	GX	15	42,9	9	25,7	11	31,4		
REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	GC	12	52,2	6	26,1	5	21,7	0,540	0,763
	GX	20	57,1	10	28,6	5	14,3		

Tabla 101 Con o sin Modelos 3D

5. Señala como preferirías que se presenten los apuntes y realizar los ejercicios. (Marca sólo una respuesta)

		Sin Modelos 3D		Con Modelos 3D		Es indiferente		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%		
PRESENTACIÓN DE APUNTES	GC	1	4,3	18	78,3	4	17,4	0,053	0,974
	GX	2	5,7	27	77,2	6	17,1		
REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS	GC	2	8,7	11	47,8	10	43,5	2,892	0,236
	GX	3	8,6	24	68,6	8	22,9		

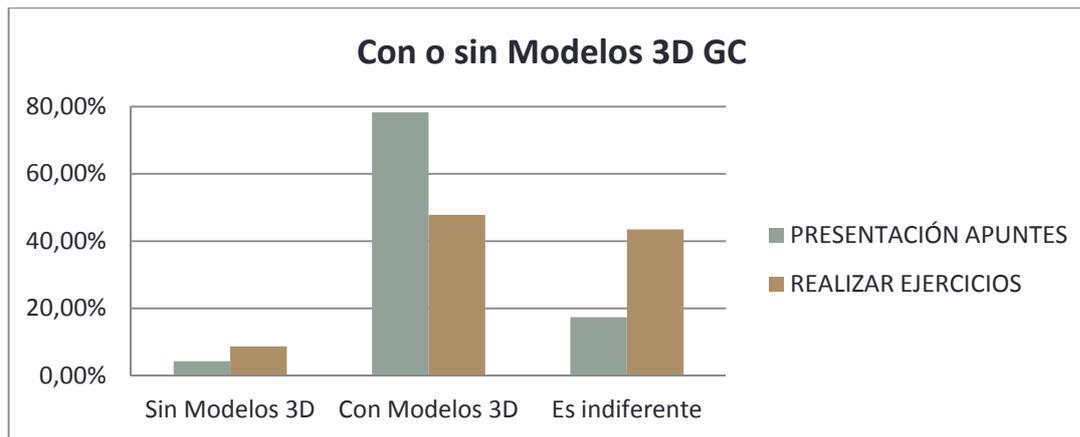


Fig. 196 Con o sin Modelos 3D GC

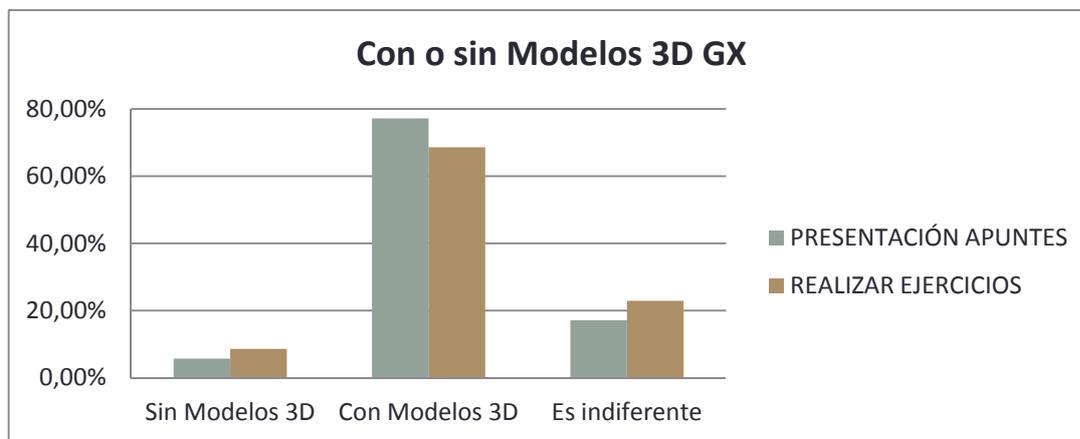


Fig. 197 Con o sin Modelos 3D GX

Los gráficos que representan los datos numéricos y gráficos de este apartado son: la Fig. 194, Fig. 195, Fig. 196, la Fig. 197, la Tabla 100 y la Tabla 101.

A la **sexta pregunta** sobre si recomendarían los modelos 3D para explicar los ejercicios de la asignatura Expresión Gráfica para cursos próximos hay que comentar que todos los componentes del GC han recomendado el uso de los modelos 3D para próximos cursos, sin conocerlos y que en el caso de los componentes del GX 33 de 35, han contestado que sí, como puede verse en la Tabla 102 y en la Fig. 198.

Tabla 102 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos

6. ¿Recomendarías el uso de Modelos 3D para explicar los ejercicios de la asignatura de Expresión Gráfica para cursos próximos?	GC	GX	Diferencias entre Grupos	
	N = 23	N = 35	χ^2	p
¿Recomendarías en uso de Modelos 3D para próximos cursos?				
SI	100,0	97,1	1,361	0,243
NO	0,0	2,9		

Hay que señalar, que hay dos alumnos del GX que han contestado que no recomendarían el uso de los modelos 3D para cursos posteriores, sus razones han sido, en el primer caso, la falta de espacio para dibujar en papel por el uso de los mismos en el aula de informática y, en el otro caso, lo recomienda sólo para aplicarlo en Perspectiva Caballera o Axonométrica, pero no en Diédrico.

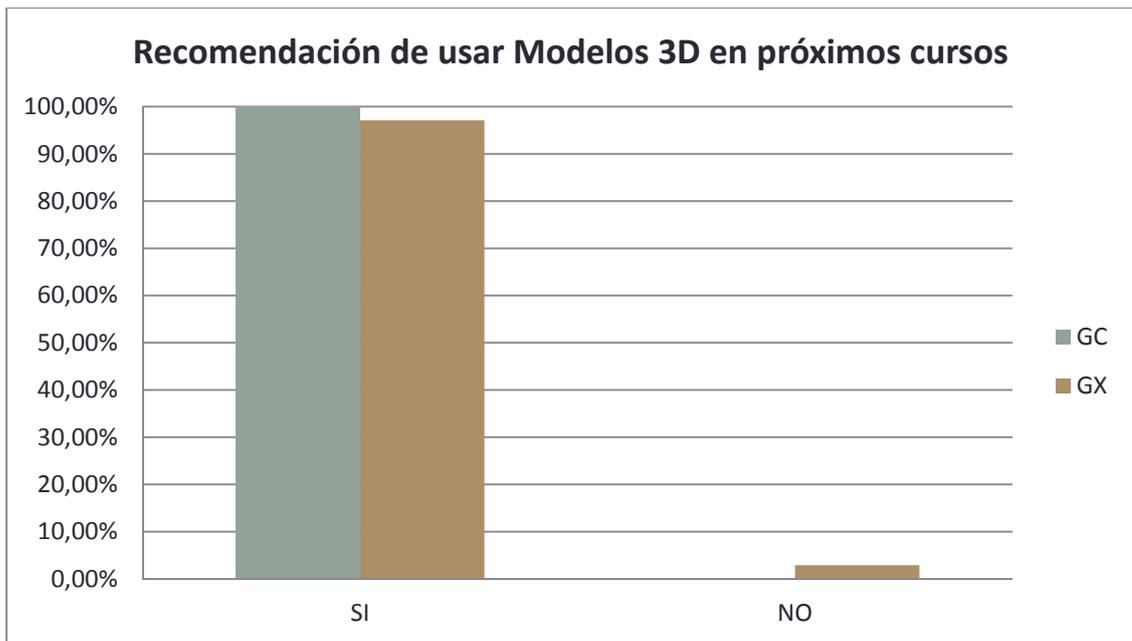


Fig. 198 Recomendación de usar Modelos 3D en próximos cursos

Veamos sus contestaciones:

- *“Porque me parece que hay menos espacio para dibujar en papel al realizar la clase en un aula de informática”.*
- *“Tiene sus cosas buenas y sus cosas malas, por ejemplo para Diédrico no es nada recomendable porque es bastante confuso en 3D mientras que en papel a mí me parece más sencillo. Sin embargo para caballera o axonometría es bastante útil”.*

En el otro caso, sobre la recomendación de uso de los modelos 3D para cursos venideros, las razones esgrimidas por GC son porque ayudan en el aprendizaje a entender mejor y más fácilmente los dibujos. Sus respuestas han sido:

- *“El uso de modelos 3D ayuda al aprendizaje”.*
- *“Se pueden ver mucho mejor las piezas y los problemas que realizamos con ellas”.*
- *“Porque mediante modelos 3D, es más fácil comprender los dibujos y problemas que se plantean”.*
- *“Con los modelos 3D se ven mejor las piezas”.*

Las razones del GX de por qué recomiendan los modelos 3D van encaminadas a argumentar que a la hora de enfrentarse a un ejercicio o problema resuelven dudas y, en el caso de que no sean capaces a primera vista de imaginarse la situación en 3D, estos modelos son de gran ayuda, tanto para entender el enunciado, como la solución del problema, así como también, para ayudar a desarrollar su visión espacial. Sus opiniones han sido:

- *“Un modelo 3D da más información y se asemeja más a la realidad que uno 2D obviamente”.*
- *“Ya que hay una diferencia abismal entre la utilización o no de modelos 3D porque te dan una perspectiva que no puede expresar en papel y que debe uno imaginarse en la cabeza”.*

- *“La capacidad de tener visión espacial no es algo que todo el mundo tenga, con el uso de modelos 3D se acerca la asignatura a todos los alumnos en su totalidad”.*
- *“Facilitar el entendimiento de la materia porque normalmente el principal problema es la falta de visión espacial”.*
- *“Los modelos 3D ayudan bastante a la gente que no tiene demasiada visión espacial y no ""ven"" las figuras cuando están en papel”.*
- *“Creo que es una manera fácil y entretenida de poder visualizar figuras y planos que a veces resultan difíciles de ver a primera vista”.*
- *“Por qué gracias a los modelos 3D podemos ver figuras en 3 dimensiones que quizás sin esa ayuda nos hubiera costado más verla”.*
- *“Es una gran ayuda para comprender y resolver los ejercicios. Ayudan a la comprensión de la asignatura”.*
- *“Facilitan la comprensión de lo dibujado en papel, sobre todo en los dibujos más liosos.”*
- *“Es mucho mejor. Se ve mucho mejor en el espacio. Porque nos muestra una mejor visión que en la dada en la pizarra”.*
- *“Porque creo que ya que el tiempo en clase no es suficiente al menos nos adelanta trabajo si lo entendemos con los modelos 3D”.*
- *“Además se hace más interesante la clase. Eso es bueno para todos”.*

5.12. Quinta pregunta de investigación

Q5. ¿Muestran los participantes del estudio del Grupo experimental, GX, alguna preferencia entre los distintos sistemas de visualización de los modelos tridimensionales y en qué temas?

El cuestionario rellenado por los participantes del **grupo experimental, GX**, que usaron los modelos 3D se compone de varias preguntas, basadas en la normativa ISO 9241-210 y la ISO/IEC 25000, separadas por apartados y tiene como finalidad la valoración del grado de aceptación de la experiencia en general y de la percepción cada una de las tecnologías en particular para determinar las preferencias entre las mismas. Además se desea saber, por otro lado, cuáles son las tecnologías más usadas para la visualización de los modelos 3D, en cuales temas del temario han sido usadas. El cuestionario se compone de tres bloques y dos preguntas sueltas finales, todos ellos a contestar en escala Likert. Los 35 componentes del grupo contestaron a todas las preguntas propuestas.

5.12.1. Evaluación general de los Modelos 3D

El **primer bloque** tiene como finalidad la evaluación del grado de aceptación de los modelos 3D de manera general. 7 preguntas Likert escala 1-5 fueron realizadas a los alumnos. El valor de la fiabilidad según α de Cronbach, ha sido un valor alto 0,816, superior a 0,8 y, por tanto, de fiabilidad alta. Los resultados se reflejan en la Tabla 103 y la representación de resultados puede verse en la Fig. 199.

I. ACEPTACIÓN DEL USO DE LOS MODELOS 3D EN GENERAL

1. Valoración general de la aceptación de la experiencia con los modelos 3D (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)

VG01	Con los modelos 3D, ningún contenido adicional era necesario mientras estudiaba. Se entiende sin necesidad de aclaraciones por parte del profesor.
VG02	Con la representación 3D y con el manejo de los modelos es más fácil de entender los conceptos relacionados.
VG03	Todo me queda muy claro cuando veo los modelos 3D, para poder realizar los problemas planteados.
VG04	Los modelos 3D me han ayudado, en casa a realizar o entender los ejercicios de representación en Expresión Gráfica usándolo por mí mismo.
VG05	El uso de los modelos 3D hacen más interesante, divertido y atrayente la tarea a realizar, que si no lo hubiera usado.
VG06	Los modelos 3D me van a ayudar a la realización de un mejor examen.
VG07	La incorporación de nuevas tecnologías como el uso de modelos 3D en las prácticas de la asignatura ha sido una propuesta interesante.

Tabla 103 Resultados de la aceptación general de la experiencia 3D

	(GX N = 35)	Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
		VG01	GX	6	17,1	6	17,1	17	48,7	4	11,4
VG02	GX	0	0,0	1	2,9	9	25,7	18	51,4	7	20,0
VG03	GX	0	0,0	5	14,3	15	42,9	9	25,7	6	17,1
VG04	GX	2	5,7	2	5,7	10	28,6	14	40,0	7	20,0
VG05	GX	0	0,0	1	2,9	5	14,3	20	57,1	9	25,7
VG06	GX	4	11,4	5	14,3	10	28,5	15	42,9	1	2,9
VG07	GX	2	0,0	2	5,7	3	8,5	15	42,9	15	42,9

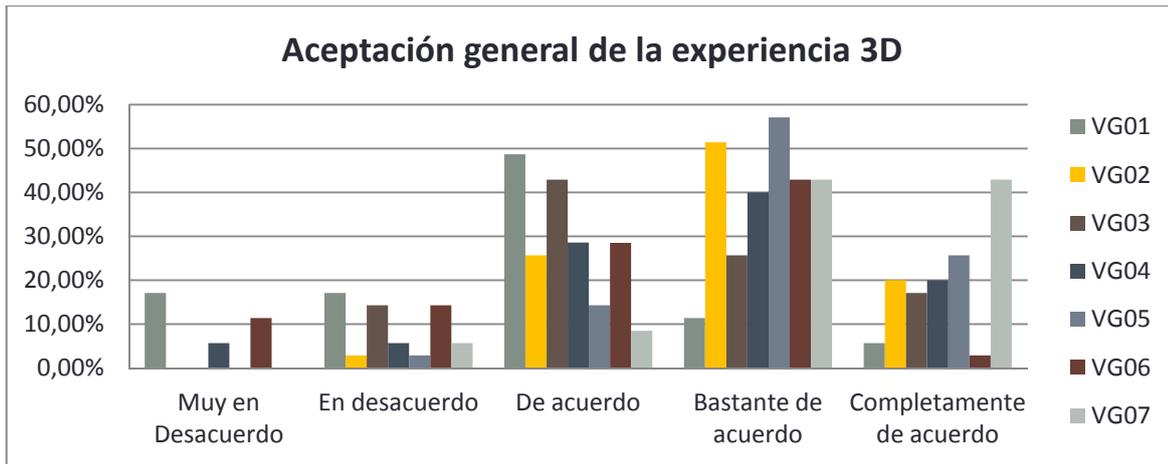


Fig. 199 Valoración general de la experiencia 3D GX

La valoración de la aceptación general se entiende como la suma de las preguntas anteriores. El rango de puntuaciones puede variar entre 7 y 35, como puntuación mínima y máxima respectivamente. Los estadísticos totales pueden consultarse en la Tabla 104, donde se observa que la oscilación de las puntuaciones totales fue desde 14 a 32 (M = 25,09, SD = 4,53). Se agruparon los resultados en cinco grupos en función de la puntuación final obtenida: 7-12 Nada Satisfecho, 13-18 Poco Satisfecho, 19-24 Satisfecho, 25-30 Bastante Satisfecho y 31-35 Muy Satisfecho. Se representa la distribución de las contestaciones en la Fig. 200.

Tabla 104 Satisfacción general de las Herramientas de Visualización

Aceptación general de las Herramientas de Visualización											
Inter. al 95%											
		M	SD	Error típico		Lím inf		Lím sup		Mín.	Máx.
ACEPTACIÓN GENERAL		25,09	4,53	0,76518		23,53		26,64		14,0	32,0
(GX N = 35)		Nada Satisfecho		Poco Satisfecho		Satisfecho		Bastante Satisfecho		Muy Satisfecho	
		7-12		13-18		19-24		25-30		31-35	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
ACEPTACIÓN USO 3D	GX	0	0,0	3	8,6	12	34,3	17	48,5	3	8,6

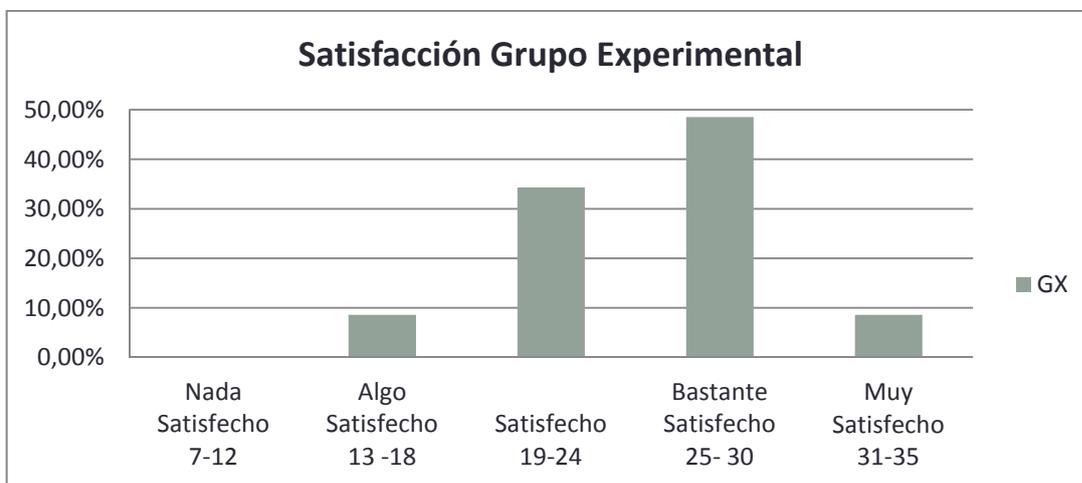


Fig. 200 Representación satisfacción general herramientas de visualización GX

Los datos reflejan que los participantes tienen una valoración positiva respecto de la aceptación de los modelos 3D de manera general, ya que el 91,4% de los participantes del grupo experimental se encuentran satisfechos o más, con el uso de los modelos 3D. La media del grupo es 25,09, correspondiente con bastante satisfecho.

5.12.2. Comparativa de las tres herramientas

El **segundo bloque** pretendió la comparación guiada de la percepción que tienen los alumnos de las tres herramientas, y para ello se han preguntado el mismo bloque compuesto de 9 preguntas Likert 1-5. Se ha preguntado el mismo conjunto de preguntas para cada una de las herramientas de visualización de los modelos 3D. Véase Tabla 105.

II. VALORACIÓN PARTICULAR DE CADA UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN

Tabla 105 Valoración de cada una de las herramientas de visualización

**1. Valoración particular de cada una de las herramientas de visualización (SKP, RAF, RAM)
(1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)**

VP01	Visualización adecuada de las figuras 3D sin problemas de definición: la apariencia del material y la calidad de los gráficos de los modelos 3D está muy bien.
VP02	La visualización es estable. (No se congela).
VP03	Ninguna imagen parpadea, no se produce “saltos de imagen”, al manipular los objetos virtuales.
VP04	Es rápida. Se ve en la imagen lo que deseo al instante. No hay retardo en la pantalla de la imagen virtual.
VP05	Es fácil, cómodo, familiar, al manejar el modelo 3D para aprender.
VP06	El tamaño era adecuado para visualizar lo que deseaba. El formato de los modelos era el correcto.
VP07	Me deja las manos libres para realizar el ejercicio a la vez que lo visualizo. Me permite observar el elemento y realizar el ejercicio a la vez.
VP08	Puedo ver las distintas vistas rápidamente.
VP09	La tecnología de modelos 3D usada parece útil.

Los resultados, Fig. 201, Fig. 202, Fig. 203 y Tabla 106, reflejan los estadísticos obtenidos. Tras aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, se observa diferencias significativas en cuanto a las comparativas de las herramientas de visualización.

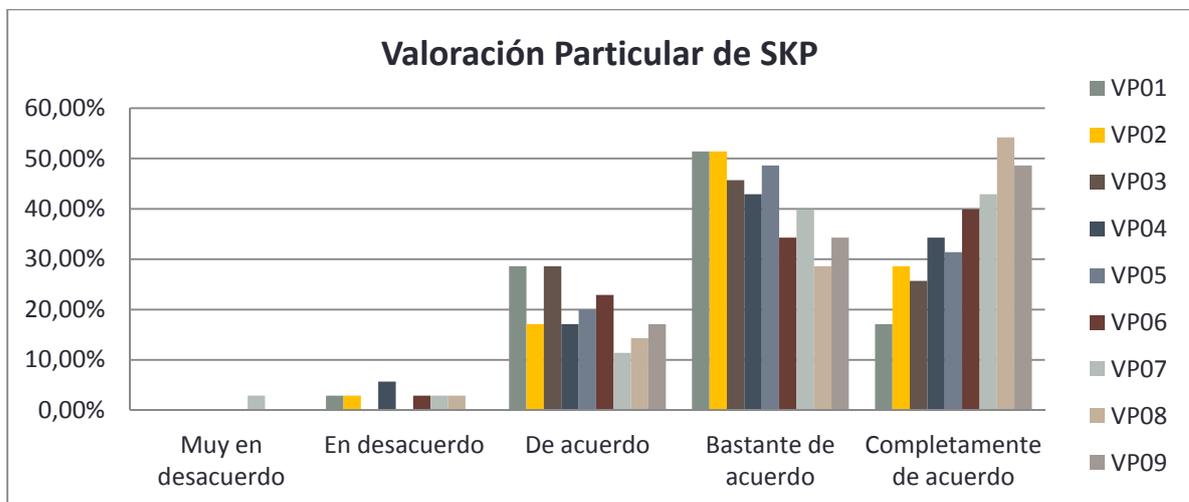


Fig. 201 Valoración particular de SKP por GX

Tabla 106 Valoración de cada una de las Herramientas de visualización

(GX N = 35)		Muy en desacuerdo		En Desacuerdo		De acuerdo		Bastante de acuerdo		Completamente de acuerdo		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
VP01	SKP	0	0,0	1	2,9	10	28,6	18	51,4	6	17,1	7,955	0,019*
	RAF	1	2,9	2	5,7	9	25,7	19	54,3	4	11,4		
	RAM	2	5,7	3	8,6	17	48,5	10	28,6	3	8,6		
VP02	SKP	0	0,0	1	2,9	6	17,1	18	51,4	10	28,6	14,380	0,001*
	RAF	1	2,9	7	20,0	10	28,5	12	34,3	5	14,3		
	RAM	2	5,7	4	11,4	16	45,7	10	28,6	3	8,6		
VP03	SKP	0	0,0	0	0,0	10	28,6	16	45,7	9	25,7	10,567	0,005*
	RAF	2	5,7	6	17,1	12	34,4	11	31,4	4	11,4		
	RAM	3	8,6	3	8,6	14	40,0	11	31,4	4	11,4		
VP04	SKP	0	0,0	2	5,7	6	17,1	15	42,9	12	34,3	6,961	0,031*
	RAF	1	2,9	2	5,7	9	25,7	14	40,0	9	25,7		
	RAM	2	5,7	2	5,7	13	37,2	14	40,0	4	11,4		
VP05	SKP	0	0,0	0	0,0	7	20,0	17	48,6	11	31,4	6,804	0,033*
	RAF	1	2,9	2	5,7	6	17,1	18	51,4	8	22,9		
	RAM	2	5,7	1	2,9	12	34,3	16	45,7	4	11,4		
VP06	SKP	0	0,0	1	2,9	8	22,9	12	34,3	14	39,9	8,443	0,015*
	RAF	1	2,9	3	8,6	9	25,7	15	42,8	7	20,0		
	RAM	2	5,7	4	11,4	12	34,3	12	34,3	5	14,3		
VP07	SKP	1	2,9	1	2,9	4	11,4	14	39,9	15	42,9	11,158	0,004*
	RAF	5	14,3	6	17,1	4	11,4	11	31,5	9	25,7		
	RAM	5	14,3	3	8,6	13	37,1	7	20,0	7	20,0		
VP08	SKP	0	0,0	1	2,9	5	14,3	10	28,6	19	54,2	8,790	0,012*
	RAF	2	5,7	3	8,6	6	17,1	14	40,0	10	28,6		
	RAM	2	5,7	3	8,6	10	28,6	11	31,4	9	25,7		
VP09	SKP	0	0,0	0	0,0	6	17,1	12	34,3	17	48,6	8,829	0,012*
	RAF	1	2,9	2	5,7	6	17,2	13	37,1	13	37,1		
	RAM	2	5,7	1	2,9	14	39,9	10	28,6	8	22,9		

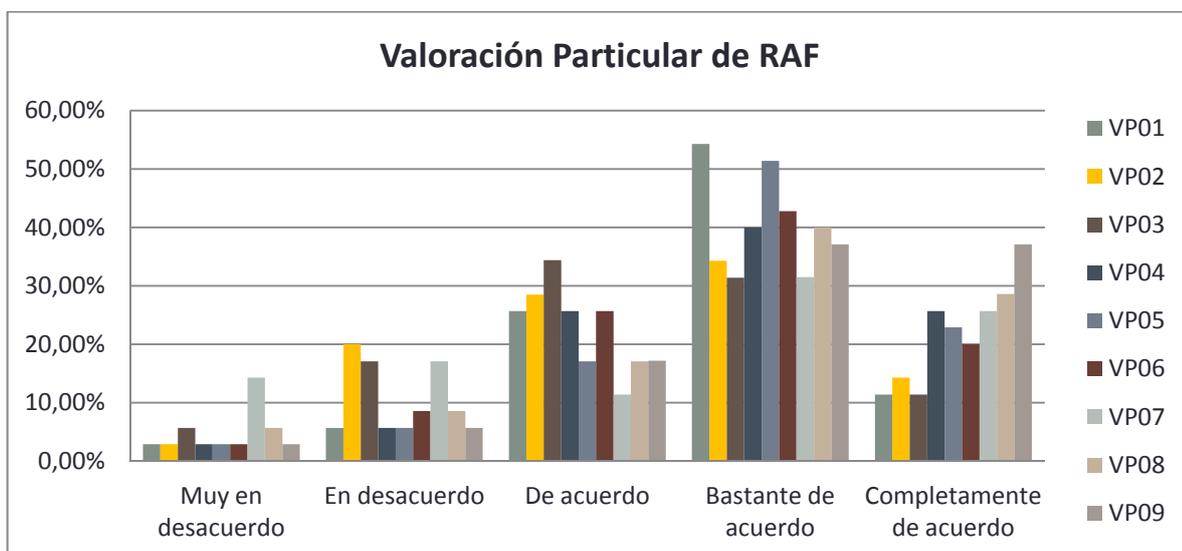


Fig. 202 Valoración particular de RAF por GX

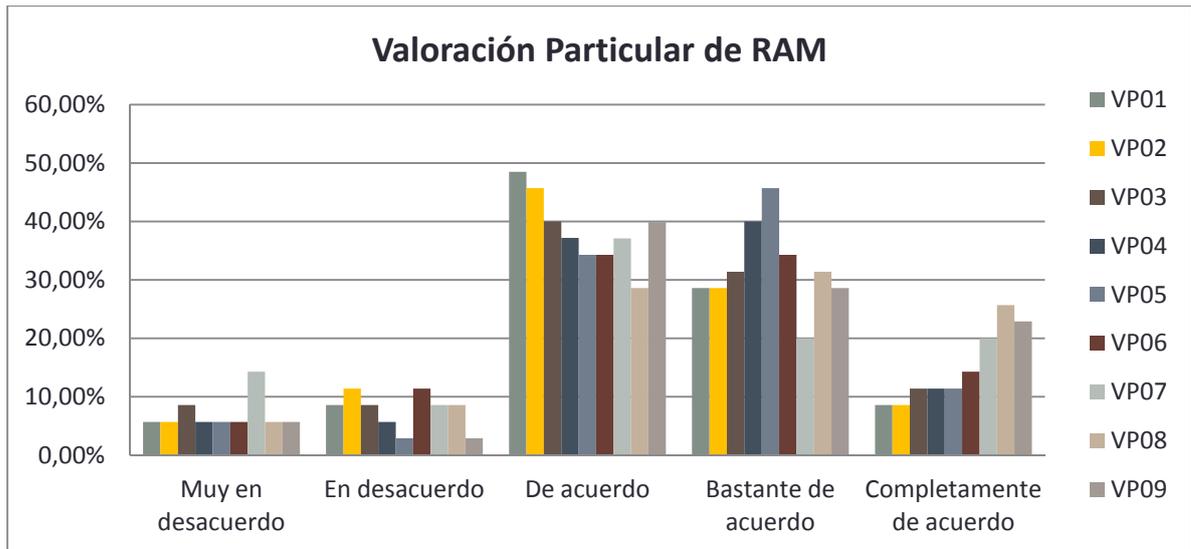


Fig. 203 Valoración particular de RAM por GX

Se ha realizado la suma de las 9 componentes, para obtener una nueva variable de la valoración particular de la percepción de las herramientas utilizadas. Respecto del bloque de preguntas que se referían a las preferencias por alguna de las tecnologías de uso, se ha obtenido un valor alto de la fiabilidad según α de Cronbach 0,931.

Las valoraciones para las tres herramientas son positivas. Las puntuaciones para las tecnologías usadas: SKP (M = 36,97, SD = 4,85), RA fija (M = 32,77, SD = 7,55) y RA móvil (M = 30,63, SD = 8,07), pudiendo moverse entre 9 como mínimo y 45 como máximo). Los estadísticos totales se reflejan en la Tabla 107. La agrupación de resultados se realizó, en este caso, en cinco grupos: 9-15 Nada Satisfecho, 16-23 Poco Satisfecho, 24-30 Satisfecho, 31-38 Bastante Satisfecho y 39-45 Muy Satisfecho, dividiendo en tramos similares las cinco posibles categorías contestadas.

Tabla 107 Percepción general de las Herramientas de Visualización

1. Percepción de cada una de las Herramientas de Visualización (SKP, RAF, RAM)													
Intervalo confianza media al 95%													
	M	SD	Error típico		Límite inferior		Límite superior		Mínimo	Máximo			
SKP	36,97	4,85	0,82144		35,3021		38,6408		26,00	45,00			
RA FIJA	32,77	7,55	1,27621		30,1779		35,3650		9,00	44,00			
RA MÓVIL	30,63	8,07	1,36344		27,8577		33,3994		9,00	45,00			
(GX N = 35)	GX	Nada Satisfecho 9-15		Poco Satisfecho 16-23		Satisfecho 24-30		Bastante Satisfecho 31-38		Muy Satisfecho 39-45		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
SKP	GX	0	0,0	0	0,0	4	11,4	16	45,7	16	42,9		
RAF	GX	1	2,9	4	11,4	4	11,4	18	51,4	8	22,9	14,450	0,001*
RAM	GX	2	5,7	2	5,7	14	40,0	12	34,3	5	14,3		

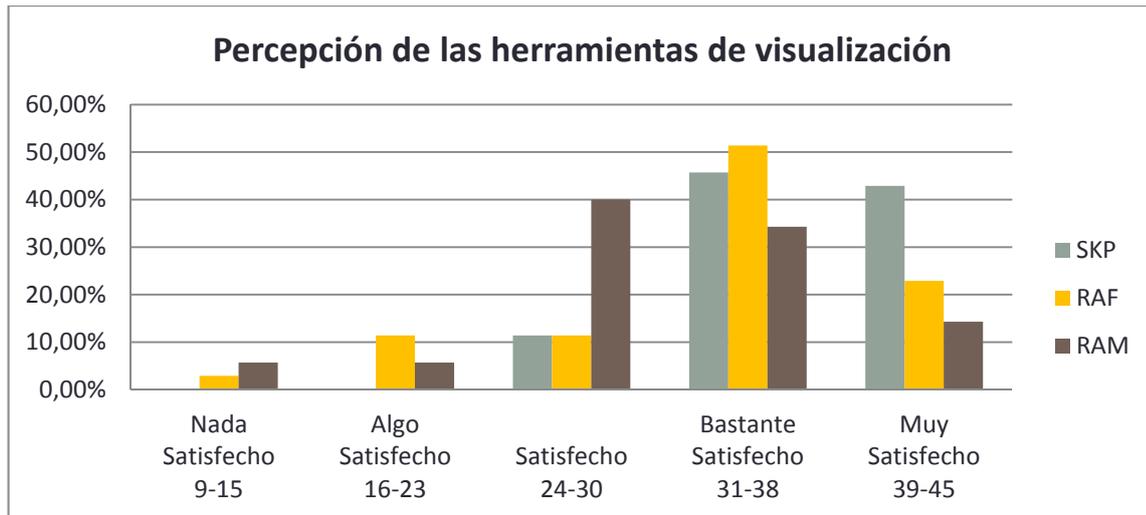


Fig. 204 Datos de la percepción de las herramientas de visualización GX

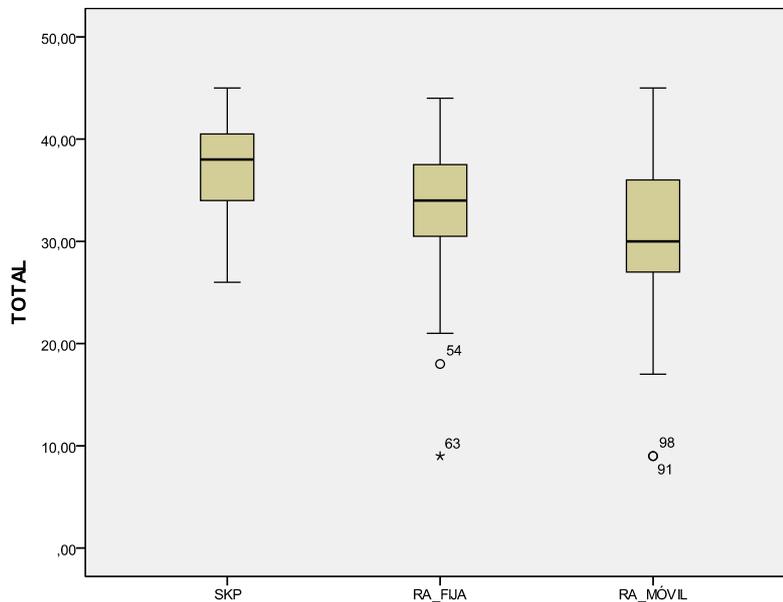


Fig. 205 Puntuaciones percepción herramientas de visualización GX

En la Fig. 204 y Fig. 205 se observa representado los datos resumen de las preguntas realizadas. Destaca que, sólo tres de los encuestados está nada satisfechos con las tecnologías 3D. Así que la percepción comunicada con respecto de la tecnología de SKP, (88,6%) están bastante o muy satisfechos, respecto de las otras tecnologías los porcentajes respecto de estas categorías son: RAF (74,3%) y en RAM (48,6%). La media de valores correspondería a bastante satisfecho con SKP $M = 36,97$ y con la RAF $M = 32,77$; y a satisfecho con RAM $M = 30,63$.

La prueba de Shapiro-Wilks determinó que no se cumple el supuesto de Normalidad y la prueba de Levene determinó que se podía asumir la igualdad de varianza entre los grupos. Se determinó mediante la prueba no paramétrica, test de Kruskal-Wallis, que hubo diferencias significativas entre las puntuaciones de los temas valorados ($\chi^2 = 14,450$ $p = 0,001 < 0,05$).

Según el análisis de datos se realizó comparaciones planeadas con las tres posibilidades posibles de respuesta mediante la Prueba de Mann-Whitney determinando diferencias

estadísticamente significativas SKP respecto de las otras dos herramientas: RAF ($Z = -2,459$ $p = 0,014$) y RAM ($Z = -3,694$ $p = 0,000$). No así en el caso entre el RAF y RAM con ($Z = 1,377$ $p = 0,168$).

La **siguiente pregunta** de este bloque, Tabla 108, hacía referencia a las apreciaciones que tenían los participantes respecto de lo observado con todos los modelos usados, acerca de si habían visto alguna diferencia notable entre la representación 3D presentada por Realidad Aumentada o en SketchUp. La pregunta se podía contestar con un sí o con un no, y debajo había un hueco para explicar su respuesta.

Tabla 108 Diferencias entre las herramientas de visualización

2. Respecto de lo observado con todos los modelos usados en clase, has visto alguna diferencia notable entre la representación 3D presentada por RA o en SKP	GX N = 35
	%
SI	40,0
NO	60,0

Respecto de lo contestado, se observa que no se han mostrado muchas diferencias entre los dos modelos, de hecho el 60,00% de los alumnos frente al 40,00% han determinado que no hay diferencias notables entre los modelos de SKP y RA. Las ventajas de los modelos SKP es su exactitud, estabilidad, facilidad de manejo para las explicaciones y de la RA su capacidad de impacto y su rapidez. Sus opiniones fueron:

“La imagen en SketchUp es mucho más nítida, más cómoda, más exacta y clara, más estable y fácil de manipular y analizar. Es mucho más práctico”.

“El SketchUp da facilidad para que el profesor explique”.

“En SketchUp se puede ver más detalladamente cada figura, podíamos señalar puntos, líneas, etc. en la Realidad Aumentada sólo lo observábamos”.

“SketchUp permite ver la representación desde el ángulo que quieras, hacer zoom...en definitiva, te permite ver lo que quieres exactamente y desde el punto de vista que quieras”.

“La Realidad Aumentada es más visual”.

“En la Realidad Aumentada puedes cambiar el punto de vista de una manera más rápida”.

“La Realidad Aumentada no permite tanta movilidad, ya que se veces se pierde la imagen al mover el marcador”.

5.12.3. Comparativas entre todos los recursos usados

El **tercer bloque** tiene como finalidad la valoración de 1 a 10 de cada una de los medios usados en clase para exponer el material del tema, no solo las basadas en tecnologías tridimensionales, sino también imágenes en presentaciones tipo power point y las explicaciones en pizarra clásica. Las puntuaciones pueden observarse en la Tabla 109.

La prueba de Shapiro-Wilks determinó que no se cumple el supuesto de Normalidad y la prueba de Levene precisó que se podía asumir la igualdad de varianza entre las puntuaciones recibidas por los medios elegidos. Se determinó mediante la prueba no paramétrica, test de Kruskal-Wallis, que hubo diferencias significativas entre las puntuaciones de los medios valorados ($p = 0,000 < 0,05$).

Según la Prueba de Mann-Whitney se llevaron a cabo comparaciones planeadas determinando diferencias estadísticamente significativas entre la utilización de los modelos 3D ($Z = 3,834$, $p = 0,000$) y las presentaciones clásicas y entre éstas y la pizarra ($Z = -3,371$, $p = 0,001$). Los modelos 3D reciben calificaciones superiores a las clases en Pizarra pero no de una manera significativa ($Z = -0,259$, $p = 0,796$).

III. COMPARATIVA ENTRE TODOS LOS RECURSOS USADOS

Tabla 109 Valoración Herramientas de Comunicación

1. Valoración general de los medios usados para exponer el material de cada tema en clase								Z	p	
Inter. conf al 95%										
	M	SD	Error típico	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Mín.	Máx.			
Pizarra	8,06	1,57	0,266	7,52	8,60	5	10	3D	-0,259	0,796
Imágenes Presentaciones	6,43	2,17	0,367	5,68	7,18	1	10	Pizarra	-3,371	0,001*
Modelos 3D	8,23	1,37	0,232	7,76	8,70	5	10	3D	-3,834	0,000*

(GX N = 35)		Muy baja		Baja		Media		Alta		Muy Alta		χ^2	p
		1-2		3-4		5-6		7-8		9-10			
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Pizarra	GX	0	0,0	0	0,0	6	17,1	12	34,3	17	48,6		
Imágenes Presentaciones	GX	3	8,6	4	11,4	7	20,0	17	48,6	4	11,4	17,525	0,000*
Modelos 3D	GX	0	0,0	0	0,0	4	11,4	16	45,7	15	42,9		

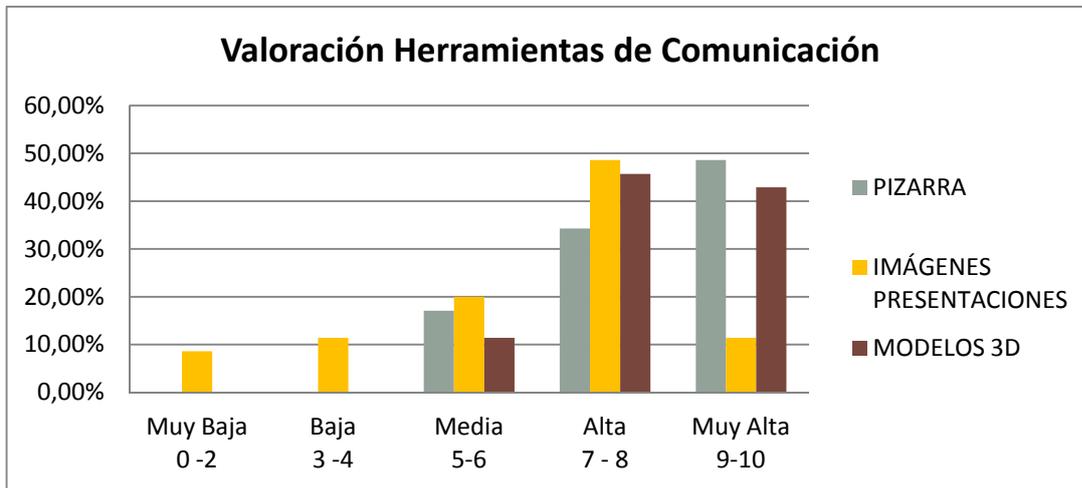


Fig. 206 Valoración Herramientas de Comunicación

Podemos observar, por otro lado, si agrupamos las valoraciones asignadas por los medios usados con (1-2 Muy Baja, 3-4 Baja, 5-6 Media, 7-8 Alta, 9-10 Muy Alta). En general, se observa una valoración Alta en todos los medios usados, (Pizarra M = 8,06 y Modelos 3D M = 8,23); excepto en las imágenes en presentaciones que posee una valoración media M = 6,43.

Se quiere recalcar, por otro lado que se han obtenido pocas valoraciones muy bajas o bajas, 5,1 % del total. Las mejores valoraciones son para los modelos 3D y para las explicaciones en pizarra, no existiendo entre ellos una diferencia significativa. Véase Fig. 206 y Fig. 207.

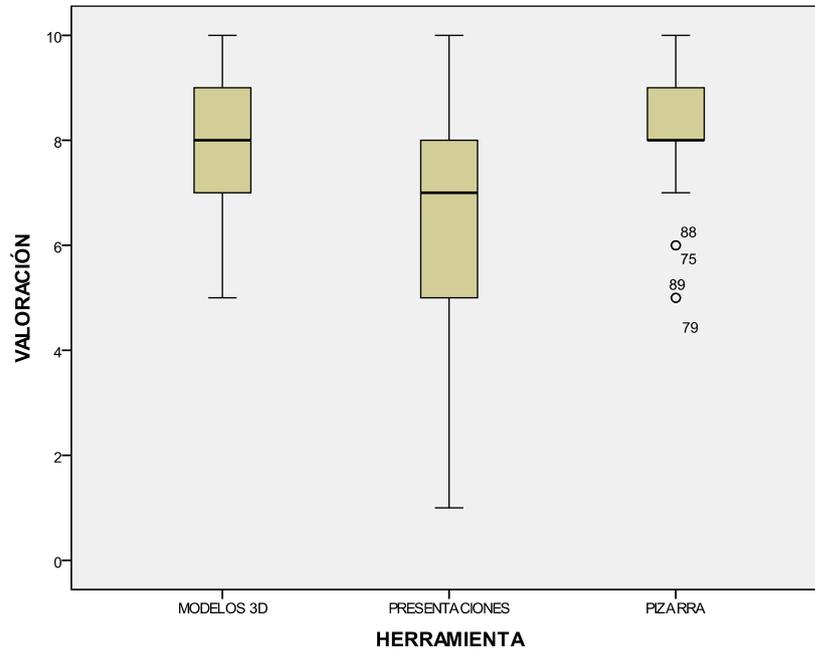


Fig. 207 Valoración Herramientas de Comunicación en diagrama de bigotes.

5.12.4. Comparativa entre temas

La última pregunta se refirió la temática que más había gustado el uso de los modelos 3D. Las tres opciones a puntuar era Sistema Diédrico, Piezas en perspectiva y sistema de Planos Acotados, siendo éstas valoradas del 1 al 10. Las puntuaciones pueden observarse en la Tabla 110.

Tabla 110 Valoración por temáticas

2. Valoración general de la capacidad de comunicación de los modelos 3D en los diferentes temas de la asignatura.										Z	p		
		M	SD	Error típico	Inter. conf al 95%		Mín.	Máx.	ACOT.				
					Lím. Inf.	Lím. Sup.							
DIED.		6,74	2,49	0,4202697	5,88	7,59	1	10	DIED.	3,134	0,002*		
PERS.		7,60	1,36	0,2295090	7,12	8,06	4	10	PERS.	1,394	0,163		
ACOT.		8,51	1,60	0,2699873	7,96	9,06	5	10	ACOT.	2,843	0,004*		
(GX N = 35)		Muy baja 1-2		Baja 3-4		Media 5-6		Alta 7-8		Muy Alta 9-10		χ^2	p
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
DIÉDRICO	GX	2	5,7	3	8,6	10	28,6	8	22,9	12	34,2		
PERSPECTIVAS	GX	0	0,0	1	2,9	4	11,4	16	45,7	14	40,0	12,891	0,002*
ACOTADOS	GX	0	0,0	0	0,0	5	14,3	10	28,6	20	57,1		

La prueba de Shapiro-Wilks determinó que no se cumple el supuesto de Normalidad y la prueba de Levene (p -valor = 0,000) determinó que no se podía asumir la igualdad de varianza entre los grupos. Se determinó mediante la prueba no paramétrica, test de Kruskal-Wallis, que hubo diferencias significativas entre las puntuaciones de los temas valorados ($p = 0,002 < 0,05$).

Según el análisis de datos se realizó comparaciones planeadas con las tres posibilidades posibles de respuesta mediante la Prueba de Mann-Whitney determinando diferencias estadísticamente significativas el tema de Planos acotados respecto de los otros dos temas: Sistema Diédrico ($Z = 3,134$ $p = 0,002$) y Dibujos en perspectiva ($Z = 2,843$ $p = 0,004$). No así en el caso entre el Sistema Diédrico con los Dibujos en perspectiva ($Z = 1,394$ $p = 0,163$).

Se clasificó los temas donde se han utilizados las tecnologías 3D según las puntuaciones asignadas, teniendo en cuenta las siguientes valoraciones: (1 - 2 Valoración Muy Baja, 3 - 4 Valoración Baja, 5 - 6 Valoración Media, 7 - 8 Valoración Alta, 9 - 10 Valoración Muy Alta)

Se puede observar una valoración media para Diédrico, ($M = 6,74$, $SD = 2,49$), frente a una valoración alta para la perspectiva ($M = 7,60$, $SD = 1,36$), y para los planos acotados ($M = 8,51$, $SD = 1,60$).

En general, obtienen altas o muy altas valoraciones, (76,19%). Valoraciones menores a media sólo un 5,7 %. Observar las distribuciones en la Fig. 208 y en la Fig. 209.

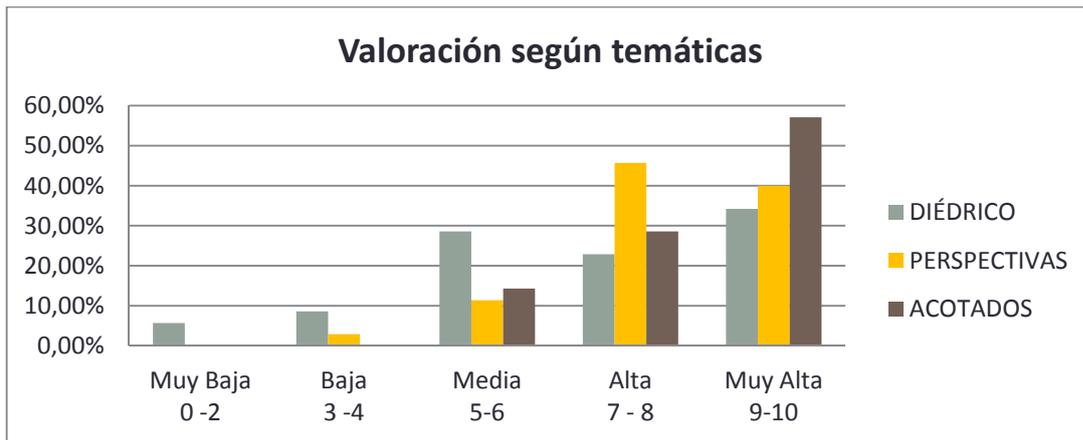


Fig. 208 Valoraciones según temáticas

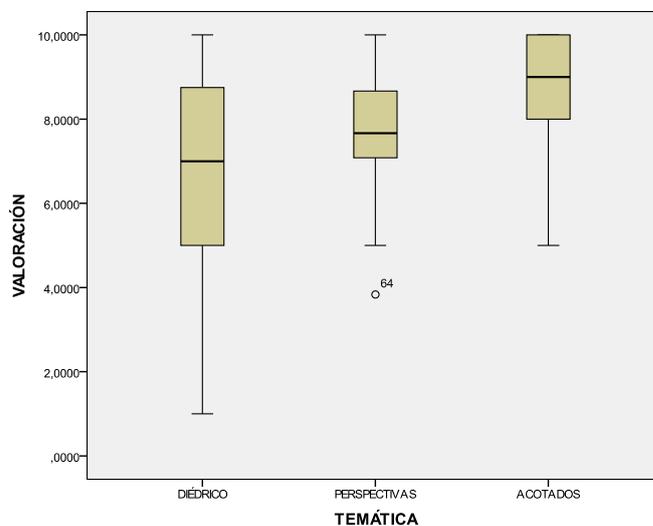


Fig. 209 Valoraciones según temáticas en diagrama de bigotes

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

6. Conclusiones y Futuras líneas de trabajo

6.1. Introducción

La visión espacial es determinante para la comprensión del resto de conocimientos a impartir en todas las ramas técnicas. En los estudiantes se está formando esta capacidad para determinar la forma tridimensional de un objeto a partir de su representación gráfica bidimensional. En el aula es necesario establecer esa conexión entre dimensiones y, a veces, es complicado explicar y establecer las relaciones necesarias [1], entre los dibujos representados y sus correspondientes objetos tridimensionales [135]. Por ello, es necesario un instrumento para presentar la materia a tratar.

Por otro lado, el proceso educativo debería aprovecharse de la cada vez mayor proliferación de las nuevas tecnologías en nuestra vida diaria, no siendo ajeno a dichas Tecnologías de la Información y la Comunicación; por ello, tras utilizar croquis y dibujos en dos y tres dimensiones, en papel y en la pizarra, maquetas y otros, ... se plantea la oportunidad de utilizar varias formas de presentación de contenidos que sea más interactiva con el alumnado utilizando los medios digitales: la Realidad Aumentada, los PDF3D o programas de visualización 3D.

La idea es la de ayudar al alumnado con los problemas de visualización, con estos elementos, que tras ser visualizados, al ser tridimensionales su comprensión es inmediata, se simplifica [235], y por lo tanto, la correlación con la proyección en planta representada queda completamente clara [245], disminuyendo el número de estudiantes que lo habían entendido mal [227]. La Realidad Aumentada (RA), programas de PC, como PDF3D, o programas de diseño gráfico, como SketchUp entre otros, nos permiten manejar y ver los modelos 3D tangibles digitales desde diferentes puntos de vista y maneras.

Este estudio presenta la incorporación de los modelos 3D como un elemento que apoya el resto de la instrucción programada y que complementa la instrucción tradicional con el fin de aumentar la eficacia de ésta, junto con otras técnicas incorporadas por el profesor en clase, para intentar conseguir un alineamiento entre los objetivos y metodología propuesta, para aumentar el rendimiento de los elementos usados durante la práctica docente, dando al discente elementos basados en las TICs que pueden ser utilizados como tutor de los ejercicios propuestos, en cualquier sitio y momento. Es decir se evalúa estas distintas formas de manejar modelos tridimensionales con el fin de estudiar su eficacia en el proceso de enseñanza aprendizaje en la Expresión Gráfica en la Ingeniería. También se valora su intervención en la motivación de los estudiantes y su usabilidad como elemento auxiliar que tutoriza la enseñanza del alumnado. Una comparativa entre las distintas formas de visualización fue analizada. A continuación se discuten los principales resultados y averiguaciones.

6.2. Conclusiones en el caso de estudio nº1 FP

En este estudio de investigación se ha demostrado con resultados cuantitativos y cualitativos que el uso de modelos 3D en entornos de aprendizaje basados en la Expresión Gráfica repercutía positivamente sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes universitarios de primer curso.

6.2.1. Perfil del alumnado. Pruebas iniciales previas, Q0

De los cuestionarios pre-experiencia realizados relativos al dominio de los dispositivos a utilizar se ha detectado, que no se han encontrado diferencias significativas entre los datos estadísticos de los componentes de los tres grupos, G1, G2 y G3, por lo que a la hora de realizar el estudio global se va a realizar con un solo grupo GG, formado por los componentes de los otros tres. Las conclusiones que se saquen igualmente serán referidas a ese gran grupo de estudiantes de formación profesional.

Del análisis estadístico del perfil de los alumnos, en consonancia con [206] [308]. El perfil del estudiante tipo obtenido según los resultados observados, expuestos en el apartado 4.6., es: varón, 75,9%, de entre 21-25 años, 53,7%, procedente el curso anterior, 35,2%, del bachillerato tecnológico, 46,3%, que tiene no experiencia previa anterior en el manejo de las curvas de nivel ni a nivel académico, 64,8%, ni a nivel profesional, 85,2%, ni tiene experiencia con aparatos topográficos, 66,7%, aunque si está dispuesto a mejorar su nivel en el conocimiento de las líneas de nivel en topografía, 96,3%. Aunque este es el perfil tipo de alumnado se puede observar en los porcentajes y en el referido apartado, que aunque estas son las características generales, existe bastante diversidad en algunos apartados.

Puede concluirse que los resultados apoyan que los alumnos muestran un alto nivel tecnológico en cuanto al manejo de las TIC, con un nivel de dominio de las mismas de medio-alto, puesto que poseen y manejan gran variedad de dispositivos, diariamente y desde hace tiempo, y, además, con gran diversidad en cuanto a aplicaciones se refiere. Por ello se piensa, los modelos 3D no va a ser ningún condicionante o limitante a la hora de entender los conocimientos asociados que se pretende asimilen, es decir, los medios digitales utilizados no limitan los futuros aprendizajes que supongan su manejo.

Se ha observado un alto grado de interés e implicación del alumnado, ya que todos los alumnos encuestados manifiestan que observan utilidad de los modelos 3D; y, aunque es mayoría la cantidad de alumnos que están de acuerdo con ello, y que se nota una buena acogida e inclinación acerca del uso de los modelos 3D, también existe algo de desconfianza, por tener menor soltura en cuanto al manejo de las herramientas de visualización 3D, incluso algunos piensan que la Realidad Aumentada será complicada en su aplicación, por ello, se ha visto conveniente la explicación de su manejo previo en clase, con aclaración de dudas, con la finalidad de familiarizar estas herramientas y su uso, con el fin de desmitificar la complicación de su manejo y comprensión, por inexperiencia

Respecto de su perfil académico relativo a la Expresión Gráfica y a las Matemáticas, se observa que existe gran disparidad de orígenes de los distintos alumnos con distintas formas de acceso y de distintos centros hace que el nivel de conocimientos básicos para afrontar las materias sea bastante variado y confuso, aunque con una predisposición ante la materia media, lo que aconseja realizar un curso previo, de ocho horas, que verse sobre aquellos elementos matemáticos y geométricos a desarrollar a lo largo del curso para que no se encuentren posteriormente con problemas en el entendimiento de elementos asociados. (Trigonometría básica, graduación de ángulos, escalas, trazados geométricos básicos) Con ello se pretende homogeneizar en lo posible, el nivel de los conocimientos matemáticos y geométricos básicos de los alumnos que comienzan los estudios.

6.2.2. Percepción de la visualización espacial. Q1

Tras concluir la experiencia de la introducción de modelos virtuales relativos a la topografía con alumnos de FP, las conclusiones apuntan que el alumnado consideraba que su capacidad de visualización espacial había mejorado gracias a la utilización de modelos 3D. Por ello, se puede asegurar que la implementación en el aula de las clases con la ayuda de modelos 3D puede mejorar la percepción de aumento de la capacidad de visualización espacial de los estudiantes. Esto se debe a que dichos modelos facilitan una mayor correspondencia entre los elementos reales y su representación en dos dimensiones, por lo que facilita al alumnado la comprensión a nivel gráfico de los problemas planteados durante el periodo académico.

Así los modelos 3D mejoran la fluidez mental de visualización espacial, acordes con otros estudios que reflejan mejoras en la rotación mental [164] [174], en las habilidades espaciales con la mesa de visión espacial [168]. También es acorde con otro estudio [187], donde se expone la más rápida comprensión de los problemas espaciales complejos. También resultó tener un impacto positivo en la capacidad espacial de los estudiantes la caja de herramientas AR-Dehaes [178] [179] desarrollada por Martín-Gutiérrez et al. [177]. En bellas artes, [194] y en ciencias de la tierra [233], también se manifestó como una buena opción para aumentar la capacidad espacial de los participantes en la utilización de elementos similares. Para determinar esta hipótesis se lleva a cabo el caso de estudio nº2.

6.2.3. Resultados académicos. Q2

Además, de los datos observados respecto de las pruebas realizadas relacionadas con las pruebas de nivel efectuadas se puede decir que el uso de los modelos 3D podría mejorar los resultados académicos de los alumnos al finalizar el curso, sin embargo, esta hipótesis tendría que ser comprobada con dos grupos de alumnos similares en un estudio control.

6.2.4. Incorporación de los Modelos 3D. BLA-laddering. Q3

Del análisis cualitativo de los de los datos recogidos podemos concluir:

- En la parte positiva, lo más reseñable es la asistencia que dan los modelos 3D para todo el proceso de enseñanza aprendizaje desde las explicaciones, a la resolución de problemas, su versatilidad, facilidad de manejo y su novedad, que los hacen utilizables en clase en el presente y en el mundo profesional en un futuro
- En la parte negativa se insiste más en el trabajo para la obtención de los modelos 3D que en su manejo, que no se considera difícil; de lo que se deduce que esta tecnología necesita desarrollo y perfeccionamiento, tanto para agilizar el proceso de creación, como en la visualización final de los elementos elaborados. Incluso se puede presumir cierto grado de satisfacción al no destacar negativamente en ningún aspecto a veces.

6.2.5. Usabilidad. ISO. Q4

Son varios los indicios para considerar que los modelos 3D han tenido una buena acogida por parte del alumnado.

Así las valoraciones de usabilidad finales han determinado que los modelos 3D son bastante utilizables, con una puntuación media de 46,82 sobre 55, siendo definida por más de la mitad de los encuestados como muy utilizables para la práctica docente. Esta efectividad a través de la interactividad con los contenidos también ha sido manifestada por Liarokapis [193] y por Chen [187].

Estas altas valoraciones en las encuestas de usabilidad, junto con la recomendación para su uso 3D para explicar los ejercicios de la asignatura para cursos próximos por parte de los 100 % de los alumnos encuestados, y con la preferencia de 2/3 de los alumnos para dar las futuras clases con modelos 3D, hacen pensar de que estamos ante un elemento agradable para introducir en el aula; que además está mejor valorado que los métodos tradicionales en todos los casos, menos en el caso de RAM, que quizás por su diseño, pequeña visualización y su uso experimental respecto del resto, ha sido poco valorada.

En el lado cualitativo se puede decir que como ventajas se señala que son muy prácticos y útiles. Siendo una manera de visualizar la explicación del profesor, haciéndote ver más rápido los ejercicios y el resultado de los mismos, pareciendo todo más comprensible y hace que el mismo alumno encuentre la respuesta a las dudas que ha tenido en una primera impresión.

Por otro lado, se señalan que los medios son muy intuitivos y que se permiten ver los modelos por todos sus lados. Así se comprende mejor las irregularidades del terreno y las distintas partes de un movimiento de tierras.

Pero por el contrario, se señala como desventaja que al no tener que esforzarse, esa comodidad de no tener que visualizar el objeto tridimensionalmente hace que el cerebro no se esfuerce tanto a la hora de desarrollar la capacidad intuitiva de leer un plano bidimensional donde venga representado un terreno.

Los alumnos, por su parte, señalan que es un avance impartir con esta tecnología la asignatura, ya que se avanza más en clase y es todo más cómodo y fácil porque permite un manejo fácil y rápido de las vistas de los terrenos. Y aunque la mayoría señala que es fácil de utilizar, algunos alumnos reclaman más tiempo para habituarse al manejo de los programas, con más entrenamiento para practicar como poner los modelos para visionarlos adecuadamente. Alguno comenta que marea si se utiliza mucho tiempo.

Se señala también que es útil puesto que ayuda a visualizar las cosas más rápidamente y mejor, a simple vista. Comentan que los modelos 3D ayudan a ver todo lo que el profesor explicaba en la clase y a entender mejor los ejercicios. Además, al ser más rápido de entender, pueden verse más ejemplos y más complicados.

Por otro lado, se comenta que los distintos elementos vistos con modelos 3D se comprenden muy bien. Permiten ver todas las perspectivas posibles el dibujo en cuestión. Ayudan a diferenciar los detalles de dicho dibujo, lo que permite de alguna manera ser autodidacta.

Por otro lado, se manifiesta que es una experiencia entretenida, amena y aplicable a otros temas. A algunos les ha parecido motivadora por cambiar la forma de enseñar, ya que al ser algo nuevo, atrae más y anima a aprender.

Como desventaja se señala el tiempo que se necesita para preparar la tecnología, como en Realidad Aumentada en relación al transcurso de tiempo de colocar la cámara y cargar el programa. Esto es señalado por algún alumno que señala que gracias a sus estudios

anteriores, no necesitaba dicha tecnología para visualizar los elementos tridimensionales representados en planta, por lo que la considera una pérdida de tiempo, aunque reconoce que para otros era un milagro el poder ver en 3D ciertos terrenos.

Otra propiedad a destacar es su simpleza en el uso que junto con su carácter innovador, facilitan su incorporación dinámica en el aula gracias a su impronta actual, aunque se han declarado fallos relativos a la lentitud en la visualización de los modelos, siendo la creación de los mismos la parte que han observado más laboriosa y tosca.

Por otro lado se comenta, la Realidad Aumentada no siempre funcionaba bien, ya que la imagen parpadeaba, se quedaba congelada o daba saltos o el programa fallaba, se quedaba colgado y era necesario reiniciarlo, por lo que se ha dejado de usar durante la explicación del profesor. Esto puede ser debido a la calidad de los dispositivos, puesto que requiere unas especificaciones superiores a las que se tienen.

Respecto de la Realidad Aumentada en el móvil se señala que los modelos no se veían muy bien, por ser de pequeño tamaño. En algunos de ellos, con sistema operativo Android de menor memoria, el móvil se queda colgado y no nos deja hacer la operación de la visualización de los elementos en RA móvil.

También se señala como inconveniente el no disponer de tantísimos ejemplos como para que cubra todos los tipos de ejemplos con los que te puedes encontrar ya construir un ejemplo de terreno para visualizarlo es un proceso lento, aunque los resultados superan las expectativas.

6.2.6. Beneficios y Carencias a resaltar. Q5

Las altas valoraciones obtenidas, tanto para los modelos 3D en general, como para las tres herramientas de visualización en particular, se puede concluir que el alumnado está bastante satisfecho del apoyo que recibe de los modelos 3D.

Se han observado diferencias en cuanto al manejo de las mismas derivadas de los propios programas o sistemas de control del elemento a visualizar, éstas quedan patentes en los zoom, giros, aspecto, obtención directa de vistas y perfiles, ...sin embargo, estas no son determinantes puesto que no existe diferencias notables entre las valoraciones de las tres herramientas de visualización analizadas, es decir, no existe una clara predilección de entre todas las herramientas utilizadas para visualizarlos.

A estas conclusiones se ha llegado al estudiar desde distintos puntos de vista la incorporación de los modelos 3D en estudios de FP. Sin embargo, no se ha podido, ni se dispone de la posibilidad en un futuro de la comparación de dos grupos similares en este nivel académico, por ello se va a proceder a llevar a cabo **un segundo caso de estudio en la Universidad de Málaga**, entre un grupo de control y otro experimental completamente comparables, para poder llegar a conclusiones más sólidas en cuanto a: la variación de la capacidad de visualización espacial, la modificación de datos académicos, la variación de la motivación, la usabilidad de los modelos estudiados, la comparación entre métodos tradicionales y virtuales, así como la inclinación por una u otra herramienta de visualización, aunque en este caso van a variar, se trata del programa SketchUp, y la Realidad Aumentada, fija y móvil. Se ha desechado el tipo de archivo PDF3D en este segundo estudio ya que en actualizaciones del programa, esta posibilidad ha sido eliminada por la empresa creadora del mismo.

6.3. Conclusiones en el caso de estudio nº2 UMA

Dado de la importancia que tiene la capacidad de visualización espacial en los estudiantes de ingeniería y en las dificultades observadas para desarrollar esta capacidad o para transmitir los conocimientos en clase, se ha pensado la introducción de elementos en la misma para la ayuda en explicaciones y en la asistencia de los alumnos con los problemas planteados. Estos elementos son los modelos tridimensionales utilizando diversas tecnologías de visualización como son el programa SketchUp, que también es de diseño o la Realidad Aumentada en sus dos vertientes, con PC de mesa o con dispositivos móviles. Estos elementos son usados tanto en clase como en casa por los alumnos que lo deseen a lo largo del curso de Expresión Gráfica y tratar temas tan diferentes como Autocad, Diédrico, Axonométrico, Caballera y Planos Acotados, tanto en cubiertas como en terrenos.

Un grupo de estudiantes de ingeniería de doble grado en Ingeniería Mecánica + Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto de la Universidad de Málaga, han usado estos modelos tridimensionales con SKP y RA (fija y móvil), para estudiar y preparar sus prácticas y sus exámenes finales, GX, de la asignatura Expresión Gráfica en la Ingeniería durante el curso 2015-2016, mientras que otro grupo similar, GC, ha realizado el curso convencional. Ambos grupos asistían a la vez a la parte teórica de la asignatura.

6.3.1. Pruebas iniciales previas. Q0

En este estudio se ha utilizado varios instrumentos para analizar la comparativa de la incorporación de dichos elementos tridimensionales en un grupo experimental, GX, respecto de otro grupo de control, GC, de similares características determinadas gracias a un análisis estadístico del perfil de los alumnos y de su capacidad de visualización espacial realizada con el test DAT SR-5.

Respecto de la prueba inicial de visualización espacial según el test DAT SR-5 y las cuestiones para determinar el perfil del alumnado de ambos grupos se llegó a la conclusión que no se han encontrado diferencias significativas entre los datos estadísticos de los componentes de ambos grupos pre-proceso, es decir, ambos grupos son similares en cuanto al su perfil de estudiante: varón, 18-20 años, de primera matrícula, procedente el curso anterior del bachillerato tecnológico, que ha cursado anteriormente la asignatura de dibujo técnico y que no ha asistido al curso preparatorio sobre dibujo técnico que se ha realizado en la Universidad a principios de curso, estando dispuesto a mejorar su nivel de conocimiento en la Expresión Gráfica en todos los casos.

La prueba de perfil pasada a los estudiantes, similar a [309] [196] determinó que los mismos presentan un fuerte carácter tecnológico puesto que en ambos grupos puede concluirse que tienen PC o portátil y smartphone de última generación, (3G y con una pantalla superior a 3,5 pulgadas), con acceso a internet en casi todos los casos, y llevan usando las TICs en casa o en el centro de estudios diariamente, (2-4 horas), desde hace al menos más de 1-2 años, en una gran cantidad de aplicaciones con un nivel medio - medio Alto.

Por otro lado, el nivel manifestado del dominio de las distintas aplicaciones es medio o medio alto y se puede decir que ambos grupos tienen perfil demográfico similar y un perfil tecnológico Medio-Alto y también similar, que muestran una confianza intermedia ante la

ante los dispositivos electrónicos; por ello, podemos concluir que los alumnos están preparados para el uso de las nueva TICs, y que no condicionan el entendimiento de los mismos.

Por otro lado, sin embargo, si es verdad que los alumnos en ambos grupos no conocían las tecnologías planteadas para el manejo de los modelos 3D, y tenían poca experiencia previa de las mismas, además aunque piensan que puede ser útil en sus estudios y que puede mejorar las presentaciones, también creen que será complicado y que puede ser una limitación para el usuario final; por ello se hace necesario de una introducción de la tecnología de uso. Gracias a la misma, a las guías rápidas de manipulación y visualización que se han facilitado a través del campus virtual y a la facilidad de manejo, no se han encontrado limitaciones en cuanto al manejo de los modelos 3D.

En cuanto al perfil académico que presentan los alumnos pertenecientes a los grupos de estudio podemos observar que en ambos grupos el perfil de alumno es similar y que muestran perfiles Medio-Alto. Así se observa que la predisposición del alumno que se enfrenta a la asignatura presentada, de dibujo con aplicación matemática, es similar y buena. Puesto que tienen un perfil Medio-Alto en la mayoría de los casos (GC = 38,19, GX = 38,42), en ambos casos.

Como conclusión se puede decir que se han comparado dos grupos que han recibido las mismas clases de teoría pero distintas de prácticas. Se puede decir que en ambos grupos como tienen perfil demográfico similar y un perfil tecnológico y académico Medio-Alto y también similar, se puede decir que muestran una confianza intermedia ante la asignatura y ante los dispositivos electrónicos; por lo que, para los grupos de estudio, ni la tecnología ni la asignatura en sí se muestran como una limitación. Ambos grupos se encuentran en igualdad de condiciones al empezar el experimento.

6.3.2. Mejora de la capacidad de visualización espacial. Q1

Respecto de la de la capacidad espacial inicial por parte de ambos grupos, se ha realizado la comparación entre las respuestas de las pruebas realizadas pre-estudio, es decir, la prueba de visualización espacial test DAT-5 SR Nivel 2 [323], tanto en referencia al número de respuestas acertadas y al tiempo usado en contestarlas.

En la prueba inicial, no se han observado diferencias significativas entre ambos grupos. Pudiendo concluir que ambos grupos son iguales en pre-proceso.

Al igual que en el caso de estudio nº1, los alumnos del GX reflejaron una sensación de que los modelos 3D han contribuido a la mejora de su capacidad de visualización espacial en un 88,6% de los casos, como afirman Shelton y Hedley [223], que estos elementos ayudan en la navegación en el espacio geográfico, aumentar el aprendizaje espacial [325] y las relaciones entre las entidades espaciales [326].

Respecto de la evolución de la capacidad espacial intragrupos, se determinó que se observaron diferencias significativas entre los resultados de cada uno de los grupos post y pre proceso respecto de la cantidad de respuestas acertadas.

Además en la comparativa entre muestras intergrupos no se encontraron diferencias notables entre ambos grupos dentro de los alumnos que realizaron la prueba post test, en contra de lo manifestado por Martín-Dorta et al. [173], en un curso basado en Google SketchUp, donde se muestran diferencias significativas en cuanto a puntuaciones de la

ganancia en la prueba de desarrollo de las habilidades espaciales aunque en este caso el curso estaba diseñado para la mejora de la visualización espacial, no para el desarrollo de la materia del curriculum.

Respecto del tiempo de respuesta, hay que decir que si se advirtió estadísticamente una mayor rapidez significativa de contestación en aquellos alumnos pertenecientes a GX, es decir, se observa que el tiempo de realización del test ha sido más breve en el grupo GX, (18,4743 minutos), respecto del GC, (20,9533 minutos).

Así se determina que aunque los modelos 3D no han contribuido a aumentar la media de calificaciones en el test DAT-5 entre el grupo de control, GC y la media de calificaciones del grupo experimental, GX; pero sin embargo, si puede afirmarse que los modelos 3D han logrado que se disminuya significativamente el tiempo en el que los componentes del GX realizaron la prueba respecto de los componentes del GC, ya que suponen la única diferencia entre las metodologías utilizadas en ambos grupos de estudio. Por lo tanto, se puede concluir que hay evidencias que atestiguan que los modelos tridimensionales usados en la instrucción de la Expresión Gráfica mejora la rapidez de visualización espacial para resolver los ejercicios posteriores, conformes con otros estudios que reflejan mejoras en la rotación mental [164], en las habilidades espaciales [168] y en la comprensión de problemas espaciales complejos [187].

Por ello, se puede asegurar que la implementación en el aula de las clases con la ayuda de modelos 3D puede mejorar la capacidad de visualización espacial de los estudiantes. Esto se debe a que dichos modelos facilitan una mayor correspondencia entre los elementos reales y su representación en dos dimensiones, por lo que facilita al alumnado la comprensión a nivel gráfico de los problemas planteados durante el periodo académico.

Por otro lado, hay que mencionar que los valores finales estadísticos obtenidos del test DAT-5 SR Nivel 2, son similares para ambos grupos, correspondiendo al percentil 85 según la tabla 47 que se acompaña al mismo test [323]. Se considera que este valor es bastante alto para ser la media del grupo, se desconoce si se trata de un efecto techo difícil de superar, aunque pudiera ocurrir que la significancia estadística del resultado se haya visto comprometida por el tamaño de la muestra, o quizás los resultados sugieran un cambio en la metodología didáctica utilizada, diseñando ejercicios más específicos para el desarrollo de esta capacidad o aumentado el número de horas dedicadas a la implementación por no ser suficiente. Esto sugiere que se podría utilizar los modelos 3D en toda la materia en su conjunto, clases teóricas y prácticas y en un grupo de alumnos superior.

6.3.3. Resultados académicos. Q2

La calificación final de la asignatura estaba compuesta un 20% por las prácticas del curso y un 80% por la prueba final, teniendo que estar aprobadas ambas partes para poder hacer media en la nota final de la asignatura.

En cuanto a las notas de prácticas a lo largo de todo el curso, (excepto para una de las prácticas), se ve superiores en el GX respecto del GC. Este elemento se debe, por un lado, por el uso de los modelos 3D y, por otro, porque ellos contribuyen a la asistencia a las prácticas, elemento básico para poder aumentar la media de dicho factor. La media de las notas de prácticas es superior tanto en número de aprobados, como en la nota media de los mismos.

Por lo tanto, puede afirmarse que los modelos tridimensionales utilizados contribuyen a la mejora de los datos académicos de los alumnos que los utilizan durante las prácticas de la asignatura. Así la utilización de dichos modelos como método didáctico de visualización de la materia a impartir en Expresión Gráfica permite enlazar mejor otros conocimientos abordados ya sean de índole gráfico, como de origen matemático.

Respecto a las notas obtenidas por los alumnos en el examen final, se ha realizado una comparación utilizando la prueba t de student, llegando a la conclusión que las notas del GC son superiores a las del GX pero no de una manera significativa.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la nota final se obtiene, asignando el 80% de las notas del examen final y el 20% de las prácticas, se ha realizado la prueba t de student con los resultados académicos finales obtenidos, llegando a la conclusión de que no existían diferencias significativas entre los datos académicos de ambos grupos después del proceso.

Se puede concluir que los que los modelos 3D no contribuyen a mejorar los resultados académicos cuando estos se refieren a una prueba puntual final, con un peso del 80% en el total de la asignatura. Por ello, las mismas conclusiones podemos observar respecto de las notas finales de la asignatura, debido al gran peso porcentual que supone el examen final respecto de la nota total de la asignatura. Esto discrepa de otro estudio [185], donde los estudiantes obtuvieron mejores resultados en una prueba de evaluación tras usar un libro y un software basado en RA, Build-AR [31]. Sin embargo, si no se limitara el peso de las prácticas en un bajo porcentaje se observaría la influencia notable en los resultados académicos finales de los buenos resultados observados en las prácticas gracias a los modelos 3D.

Podemos nombrar que aunque el estudio se ha realizado a lo largo de todo el periodo cuatrimestral, el estudio no pudo realizarse en todos los ámbitos de la práctica educativa, teoría y prácticas de ambos grupos, limitándose sólo a las prácticas de la asignatura donde se han podido observar mejores resultados, por lo que se piensa que aplicando estos elementos a las explicaciones teóricas se podrían mejorar el seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos de manera general.

Finalmente comentar que si los modelos 3D en el GX han contribuido a aumentar la cantidad proporcional de prácticas entregadas por los alumnos de una manera significativa y se ha observado una gran relación entre el aprobar el examen final habiendo aprobado previamente las prácticas de clase, hay indicios para pensar que los modelos 3D al fomentar el trabajo de las prácticas, puede influir en el aprobado final de la asignatura pero habría que trabajar más con los mismos y en la parte teórica de la asignatura de una manera más práctica.

6.3.4. Motivación. ARCS. Q3

Para analizar el atractivo que supone la incorporación de los modelos 3D a clase de las prácticas de la asignatura se observó que existían diferencias significativas entre la asistencia a clase de prácticas por los componentes de ambos grupos y la tasa de abandono de la asignatura en el GX es un 20,00% menor que para el GX, siendo la única diferencia entre ellos el manejo en clase de prácticas de los modelos 3D.

Por otro lado, estos datos del análisis de la asistencia a clase, la entrega de las prácticas realizadas y las calificaciones de las mismas, se determina que ha existido una buena

aceptación de los modelos 3D por parte de los alumnos del grupo experimental a lo largo del periodo lectivo, ya que se observa una mayor asistencia de los alumnos de dicho grupo respecto de los del grupo de control, así como un menor porcentaje de abandonos a lo largo de la asignatura. Además las calificaciones obtenidas son mayores.

Por otro lado, el GX ha mostrado una participación constante a lo largo de todo el curso de la descarga de los archivos existentes en el campus virtual que contenían los modelos tridimensionales. Se observó que la variación en la cantidad de archivos descargados es proporcional a la asistencia a clase de prácticas, tanto en referencia a las visitas totales como a las visitas contadas antes de las prácticas.

Como puede deducirse de los datos reflejan que la incorporación a la rutina de las prácticas de Expresión Gráfica en la Ingeniería de los modelos tridimensionales, refuerza tanto los niveles de asistencia del alumnado a clase de prácticas durante el periodo de docencia, como la entrega de los ejercicios que componen dichas prácticas, contribuyendo al aumento en la nota de las prácticas obtenidas y aumentando el seguimiento de las clases hasta el final de curso, que al final son las que desarrollan las capacidades propuestas en la programación de la asignatura, provocando, por otro lado, una mayor asistencia al examen final de la asignatura.

En otro orden de cosas, se ha usado la prueba de motivación ARCS, con la finalidad de evaluar los modelos tridimensionales incorporados en la instrucción de la Expresión Gráfica en la Ingeniería respecto de la motivación de ambos grupos de alumnos.

Como se ha comentado el GC se clasifica como un grupo “Motivados” de alumnos y el GX como un grupo “Bastante motivados” de alumnos según el método ARCS y la escala de motivación escogida, es decir, puede extraerse una mayor motivación hacia el aprendizaje del alumnado del GX que utilizó durante la instrucción los modelos 3D, lo que implica un alto nivel de atractivo de los mismos que estimulan la atención y el interés de los alumnos, así como que los asiste en el proceso de aprendizaje, generando un alto grado de satisfacción. Además se concluye de la comparación de las medias mediante la prueba t para muestras independientes que existe una diferencia estadísticamente significativa en la motivación entre ambos grupos respecto de la escala total utilizada.

Finalmente se llevaron a cabo la prueba t para muestras independientes para los valores medios de cada uno de los componentes de la motivación. Se mostró una diferencia estadísticamente significativa en las componentes (Atención, Relevancia y Confianza) para los valores promedios asignados del grupo experimental (GX) respecto de los reflejados para el grupo de control (GC), que no utilizó los modelos tridimensionales. Este no es el caso de la escala de la Satisfacción, en la que no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos ambientes.

Es decir, los resultados descritos en la prueba de motivación ARCS, determinó que los participantes del GX se manifestaron en general más motivados que los del grupo de control, GC, siendo la única diferencia entre ellos el uso de los modelos tridimensionales, podemos pensar que esta diferencia de valores es debida al uso de dichos elementos. Estos valores prueban que los estudiantes que usaron los modelos 3D tenían una mayor motivación en la instrucción que los que no los usaron.

Por esto se puede afirmar que los Modelos 3D permiten una interacción con la información más directa por parte del alumno haciendo que el mensaje sea más llamativo, interesante y atractivo para éste, puesto que se crean recursos en total sintonía con la

revolución tecnológica en la que estamos inmersos, que suponen, de este modo, un aprendizaje conectado a la realidad del alumnado. Además al tutorizar el aprendizaje hace que se confíe en ellos, y llegando a un grado de satisfacción de realizar la tarea similar de sin ellos, lo cual puede influir en la motivación del alumno hacia lo que se pretende comunicar.

El empleo de dichos modelos puede aplicarse junto con las clases magistrales o para el trabajo por problemas, abordando las distintas fases del mismo impartiendo la materia del mismo de una manera contextualizada, dando a dicho contenido un atractivo añadido que hacen el aprendizaje más práctico como se señala en otras aplicaciones como VisAr3D [202] o U-AR [203], lo que hace una mayor implicación del alumnado e integración en la tarea a desarrollar.

Las puntuaciones medias más altas para el GX se dan en la escala de Atención, ($M = 3,90$) y las más bajas fueron cedidos por la subescala de satisfacción ($M = 3,36$), sin embargo, ese es el valor más alto alcanzado dentro de las puntuaciones medias para el GC. Lo que indicó que los modelos 3D contribuyen, sobre todo, a aumentar la atención en la tarea, sin embargo, los valores de satisfacción no se han visto aumentados por la incorporación de los mismos.

Se puede concluir que los modelos 3D contribuyen a una mejor motivación en el grupo que los ha utilizado, otros estudios [170] [171], han llegado a conclusiones similares. En otro estudio [184], se ha expuesto tener un gran potencial en el aumento de interés de los estudiantes en el aprendizaje de los cursos de gráficos de ingeniería. Esto queda reflejado en su mantenimiento de la asistencia a clase de prácticas y entrega de las mismas a lo largo del curso, su mantenimiento en el estudio de la asignatura hasta el examen final, así como en las valoraciones superiores en general de los valores de motivación, y en particular de una manera significativa en cuanto a lo medido en las subescalas de Atención, Relevancia y Confianza, mostrándose mejores valores, aunque no significativamente, en la escala de la Satisfacción.

Conclusiones sobre la mejora de la motivación positiva de los estudiantes al utilizar esta tecnología con una mejora de sus resultados académicos es expresada en un estudio por Fonseca et al. [211].

Además es reseñable como los únicos valores en los que el GC ha superado al GX ha sido el C5, por ser valor anómalamente más bajo para el GX, (Debido al uso de los modelos 3D estoy seguro de que puedo conseguir una puntuación alta en el examen), y S2, por ser valor raramente más alto que el resto para GC, (Me siento satisfecho cuando logro terminar las prácticas gracias a los modelos 3D). Por lo que puede observarse que el punto flaco en la motivación del GX es su desconfianza sobre que el método seguido sea acorde con el examen a realizar con el que se les va a calificar. Siendo, por otro lado, el punto fuerte del GC, el orgullo de realizar las prácticas gracias a sus conocimientos y sin ningún tipo de apoyo.

Respecto de la componente **Atención**, por un lado, se observa que el valor medio de todas las respuestas de los participantes del grupo experimental tuvo un valor superior a $M = 3,57$ y los del grupo de control el valor máximo observado es $M = 3,59$, por ello se puede decir que los primeros valores fueron significativamente mayores que los del grupo de control. Por esta razón, se puede apuntar que los modelos tridimensionales asistidos durante el aprendizaje podrían provocar un impacto positivo en la atención de los

estudiantes, acorde con lo establecido en [176], sobre la efectividad de los modelos 3D para captar la atención de los estudiantes y crear una actitud positiva hacia las tareas.

Analizando las respuestas se observa que los componentes del GX piensan que los modelos 3D pueden atraer el interés desde el principio y captan la atención. Por el contrario, la asignatura es atractiva por sí sola, no gracias a los modelos 3D y los estudiantes piensan que pueden descubrir interesantes conocimientos de la asignatura por sí mismos.

En relación a los valores de **Relevancia**, la importancia observada en estos ítems por los participantes del estudio es superior en el caso de los alumnos pertenecientes al grupo GX, $M = 3,81$, que al grupo de control GC, $M = 3,25$. Aunque en para estos últimos el valor medio es de es un valor significativamente inferior al obtenido por los ítems de las preguntas contestadas por los alumnos del grupo experimental, lo que sugiere que la relevancia apuntada por los alumnos del grupo experimental tras la introducción de los modelos tridimensionales sea superior que en aquellos alumnos que no los han utilizado.

Se puede observar que aunque los modelos 3D no dan ganas de estudiar la materia de estudio, al ser muy parecidos a los problemas existentes a los existentes en entornos reales, es muy práctico y poseen una importancia educativa en la Expresión Gráfica pero inferior para el resto de las materias.

Los modelos 3D se pueden utilizar para aumentar la **Confianza** hacia el control de la Expresión Gráfica. Esta confianza se ha manifestado también Urdarevik [169] en ingeniería tras usar modelos mecánicos. Aunque si se analizan sus componentes observamos que esa puntuación es la dada porque los con modelos 3D es fácil estudiar, pero los modelos 3D no dan la seguridad para conseguir una puntuación alta en el examen, que es lo que se evalúa, observándose más confiados en sí mismos los alumnos del GC que los del GX. Esto último queda reflejado en este punto C5 del cuestionario presentado.

Los valores más similares en ambos grupos son los valores de **Satisfacción**. Los valores obtenidos por ambos grupos, ($M = 3,60$), mostró de una forma similar la satisfacción a los componentes de ambos grupos, lo cual no se corresponde con lo manifestado por Redondo et al., [196], que encontraron valores de satisfacción, muy superiores a los habituales en su estudio.

A los participantes del GX, les parece interesante estudiar la asignatura debido a su diseño tridimensional elaborado, aunque piensan que no dan autonomía, puede ser porque los ejercicios y el examen de la asignatura tienen que realizarse en papel y los modelos 3D son virtuales, lo que requiere de un dispositivo electrónico.

Ambos grupos se muestran igual de satisfechos por realizar las prácticas con éxito, aunque la diferencia es la ayuda prestada por los modelos 3D facilitados al GX. Los componentes del GC no poseen esta ayuda, y logran realizarlos solos, por ello se muestran igual de satisfechos que los componentes del otro grupo. Este punto de la satisfacción S2 es el otro de los pocos en los que GC supera a GX, se puede pensar que es porque da más satisfacción lograr terminar las prácticas si ninguna ayuda que con los modelos 3D.

6.3.5. Valoración de uso, Q4

En otro orden de cosas, también se ha valorado la usabilidad de los modelos 3D por parte de los alumnos así como las tecnologías de uso, se ha realizado desde diferentes puntos de vista: usando el método cualitativo método Bipolar Laddering, BLA, [310]; el método cuantitativo basado en la normativa ISO [200], y siendo complementado con otras preguntas puntuales sobre comparativa entre métodos de enseñanza.

Del análisis cualitativo de la información aplicada por el método Bipolar Laddering, BLA, [307] se extrajo que para los estudiantes, las clases prácticas es un momento para la resolución de dudas que les han surgido en la realización de las mismas, es por ello por lo que se puntúa con las máxima puntuaciones en ambos grupos, en el GC se destaca con atribución a los ejercicios de prácticas que se realizan en clase, en el GX son los modelos 3D quienes aclaran muchas de esas dudas de una manera previa, [288] en lugar de hacerlo el profesor, se antepone en el tiempo a este, por ello se explica su buena puntuación. Otra consecuencia directa de ello es que se podría decir que los alumnos llegan con menos dudas a clase o que se resuelven en la explicación y los modelos 3D apoyan la misma.

De lo que se dedujo que los participantes del GX no tuvieron problema alguno en la interacción con los diferentes modelos 3D facilitados. El manejo de la navegación a través de la tecnología facilitada es muy intuitivo y de una manera superior a los planos 2D tradicionales [195]; es decir, se puede aprender a través de rápidas explicaciones o de las fichas aclaratorias colgadas en el campus. Los modelos 3D se muestran como elementos fiables, precisos y ergonómicos, que han sido bien acogidos por los alumnos. Incluso con una gran cantidad de alumnos, la falta de tiempo para atenderlos a todos no condiciona la visualización de los modelos por parte de los alumnos, los cuales se presentaron suficientemente autónomos para el control, manejo y visualización de todos los modelos 3D y las prácticas a la vez.

Además se comenta que los modelos 3D generan que haya más tiempo efectivo en clase, como se destaca en el GX, que las clases son más aprovechadas, pudiéndose dedicar el mismo a las prácticas el 100% del tiempo, y generando un buen ambiente educativo y concienciando a los mismos de su importancia, no sólo de los modelos 3D, sino de la materia en general para la labor profesional posterior, de ahí la puntuación tan alta recibida también por el profesor y la práctica metodológica docente en el GX. Esto también ayuda a la que se mantenga una asistencia más alta a clase de prácticas, las notas de las mismas y a que se mantenga el seguimiento de la materia.

Ese protagonismo de los modelos 3D en el GX, hace que la importancia de Autocad para dicho grupo sea más baja respecto a GC, puesto que los alumnos tienen otro medio para expresarse con las TIC además de Autocad, y al ver los elementos de las prácticas dibujados en 3D mejor que en 2D, le dan más importancia a estos programas de visualización 3D en detrimento de Autocad que se ha visto únicamente en 2D. Por el contrario, los alumnos pertenecientes al GC, desconocen la representación en 3D y asignan una mejor puntuación a Autocad, ya que es la alternativa de conocen respecto del dibujo a mano. Además se observa cómo algunos alumnos del GC echan en falta en clase algún apoyo tridimensional, y sólo algunos pocos alumnos del GX resaltan como que la utilización de los mismos sea algún inconveniente.

Respecto de los temas o unidades impartidas, hay distintas apreciaciones que pueden atribuirse a los gustos particulares de los componentes del grupo, habiendo una coincidencia en ambos: la unidad dedicada a métrica e inversión, es la que plantea más dificultades pero para esta no se pueden usar los modelos 3D por ser geometría plana. Puede ocurrir que al ser esta unidad impartida al final del cuatrimestre con la cercanía de los exámenes, provoque una mayor atención del alumnado hacia dichos exámenes, más que a la materia en sí.

La mayor discrepancia con las opiniones observadas, es la valoración de las aulas como punto negativo en GX y como elemento positivo en GC, pudiendo concluirse que las aulas de ordenadores no son adecuadas para realizar las prácticas, ya que aunque deja que cada alumno pueda tener un monitor donde observar los elementos tridimensionales directamente, esos mismos monitores son los que no dejan ver bien la pantalla de proyección, además la pizarra es pequeña y está baja y lejos. Por otro lado, se señala que no hay sitio suficiente espacio en las mesas para poder dibujar. Estos puntos son los precisamente valorados por el GC, ya que en las aulas de prácticas las mesas son grandes, al igual que las pizarras y la distribución en sentido perpendicular a las otras aulas, hace que los alumnos estén más cerca de las pizarras.

De llevarse a cabo de nuevo la experiencia sería necesario adaptar las aulas donde llevarlo a cabo, se podrían trasladar a las aulas de prácticas normales con los modelos 3D pero, en este caso, no dispondría cada alumno de un modelo, sino que tendrían que observar en la pantalla de proyección el que proyectase el profesor en cada momento. Otra opción sería que los alumnos realizaran las prácticas en clase de informática en el programa de CAD y estar visualizando la pantalla ambos elementos 2D y 3D, a la vez o alternativamente, según preferencias, así no habría limitación en cuanto al espacio de las mesas, se verían los modelos, pero habría que aumentar el tamaño de las pizarras de clase y el peso de esta herramienta en la evaluación de la asignatura.

Respecto de la categoría peor valorada en ambos grupos, la falta de tiempo y la gran cantidad de contenido de la asignatura, poco pueden hacer los modelos 3D, ya que estos elementos son impuestos externamente por el curriculum y la propia organización del curso académico, por ello no han existido discrepancias en ambos grupos.

Al igual que en otro punto negativo reseñado, como son, en ambos, la cantidad de alumnos que posee cada grupo, aunque algún alumno del GC señala que ha sido un número adecuado de alumnos debido probablemente a que este grupo ha sido menos numeroso y se han dado abandonos en las últimas clases de prácticas.

También se observa que los alumnos son de primer curso y que están acostumbrados del bachillerato al turno de mañana y con grupos más pequeños. Ya que por un lado señalan el turno de tarde como algo no deseable y demandan unas clases más guiadas y tutoradas.

Es también reseñable, que en ambos grupos algunos alumnos opten por no comentar nada negativo de las prácticas, siendo este aspecto más reseñable en el GX.

La indefinición en las puntuaciones y en las aclaraciones a algunas de las opiniones vertidas sugeriría la realización de una entrevista personalizada con cada uno de los alumnos que forma los grupos de estudio, debido a la falta de tiempo por parte de ambos, profesores y alumnos, la cercanía de los exámenes y la gran cantidad de alumnado, se ha debido interpretar las mismas y asignar una cantidad de puntuación. Hubiera sido

interesante poder haber realizado esta definición para un mejor tratamiento de la misma posterior y definición de las conclusiones cualitativas del estudio. Sin embargo, se considera que no afecta a las opiniones generales vertidas por los estudiantes y, por tanto, a las conclusiones extraídas, asumiendo, no obstante las limitaciones del sistema de asignación de puntuaciones establecido.

Finalmente comentar que la gran cantidad de alumnos por grupo condicionaba la recolección de datos vía campus virtual de los mismos, no teniendo tiempo para realizar una entrevista individualizada con los mismos para matizar las contestaciones dados por los estudiantes, es por ello por lo que se ha optado por aumentar la cantidad de cuestiones a contestar vía moodle por parte de los mismos.

Respecto del análisis cuantitativo de Usabilidad realizado mediante el método basado en la normativa ISO [292], se obtienen unos valores altos de media (GC = 39,13 GX = 41,91) para los valores de la efectividad, eficiencia y satisfacción del medio, siendo estos últimos ligeramente superiores al resto, por lo que se puede deducir que los modelos 3D ha gozado de una positiva aceptación entre el alumnado y que la opinión general de los estudiantes sobre los modelos 3D seguido es que esta tecnología se presenta como un complemento a la formación convencional, que puede resultar eficiente en los procesos de enseñanza aprendizaje.

Así, se puede comentar que como las puntuaciones del GX son superiores a las del GC, se puede concluir que los modelos 3D contribuyen a un aprendizaje más utilizable, efectivo y eficiente, igual a lo determinado por Urdarevik [169], aun no haciéndolo de una manera significativa. Martín-Gutiérrez, J. [186], también ha manifestado la usabilidad de los libros de texto basados en RA. Esta eficacia a través de la interactividad con los contenidos también ha sido manifestada en otro estudio Liarokapis et al. [193]. La eficacia pedagógica de los modelos con el fin de mejorar la de la experiencia también es manifestada por Chen [209]. Por un lado, podemos observar que aun siendo ambos métodos considerados como bastante utilizables por ambos grupos, la prueba t de Student para muestras independientes estableció la no existencia de una diferencia significativa entre las puntuaciones obtenidas por ambos grupos, GC y GX. Quizás aumentando los parámetros al respecto con un estudio más pormenorizado de las distintas componentes de la usabilidad y con un mayor número de alumnos, en cursos futuros, pueda arrojar conclusiones más clarificadoras respecto de la usabilidad de los distintos materiales didácticos planteados.

Respecto del segundo bloque de preguntas, se puede comentar que los alumnos necesitan algún apoyo para entender las clases. La conexión de los dibujos con la realidad a través de fotos o debido a que los dibujos son muy abstractos, no son valoradas. Por otro lado, se obtiene que las clases basadas en pizarra y las explicaciones del profesor sean bastante valoradas aunque superadas por las nuevas tecnologías de uso como los modelos 3D de SKP, no tanto así los de RA, que han sido menos reconocidos. Son las perspectivas y los modelos 3D los elementos más valorados por ambos grupos. Sin embargo, tras su uso los modelos de RA no son tan valorados como SKP, elementos que podemos observar muy válidos en un documento [210], donde se manifestaba la comprensión de manera positiva que hacían los estudiantes de la tarea en la interrelación los componentes de construcción.

En el caso de que se cierren las opciones a los elementos utilizados, en lugar de los posibles, se observan diferencias significativas entre los grupos GC y GX en relación a los

elementos elegidos para comprender la clase. El primer grupo prefiere los dibujos 2D en un 65,2 % opción que baja al 37,1 % en el caso del GX. Este grupo elige en este caso la opción de modelos 3D SKP, 62,9 %. Es decir, se observa una clara tendencia a la elección de dichos modelos 3D en el grupo que los ha utilizado, frente a la elección de dibujos 2D respecto del grupo que no lo había hecho. La actuación del profesorado se ve reforzada al aumentar su elección en GX (77,1 %) respecto de GC (60,9 %), gracias a la utilización de los modelos 3D en la experiencia comentada.

Al sólo permitir una opción de las opciones utilizadas, son los modelos 3D SKP los que son valorados destacadamente por GX respecto del resto, en detrimento de los que utilizan la tecnología de RA o las perspectivas en la pizarra; y esta elección, se refleja con diferencias significativas respecto de las elecciones de los elementos utilizados por GC. Puede decirse que los modelos 3D sustituyen a las perspectivas utilizadas en la pizarra cuando se están aclarando dudas en clase de una manera significativa.

Respecto de la comparativa final del método tradicional frente a los modelos tridimensionales se han realizado otras preguntas finales complementarias.

En estos casos, los estudiantes tienen experiencia variada en cuanto los apuntes de las asignaturas, por ello, se muestran indecisos a la hora de elegir un claro sistema de entrega de apuntes, y esto, en ambos grupos, sin observar diferencias significativas entre los mismos. Además, se nota su perfil digital porque no tienen problemas por tener los apuntes en ese formato y les apetece que vengan acompañados de los modelos 3D. Sin embargo, en ambos casos, tanto conociendo como no el uso de los modelos 3D, se muestran claramente de acuerdo con la opción de que los apuntes vengan acompañados de los mismos, puesto que le aclaran la información que ellos viene explicada.

Se puede decir que los alumnos siguen prefiriendo a la hora de realizar los ejercicios el papel que en formato digital, ya que en el primero de ellos tienen experiencia, mientras que pocos dominan el manejo de programas de CAD. En la utilización de los modelos 3D con los ejercicios se observa que para el GC es algo preferible pero no con mucha decisión por su desconocimiento. Una vez probados esa parte de indecisos en el GX es menor, por lo que podemos decir que no les han defraudado a rasgos generales, y que tienen una buena aceptación para mejorar los apuntes tradicionales, conclusiones acordes con [175], sobre que los modelos 3D proporcionan un valor adicional a los apuntes. Dorribo-Camba [181], también manifestaba las mismas conclusiones respecto de la tecnología de RA.

Finalmente, el hecho de que casi el 100% de los alumnos recomienda su uso sin haberlos utilizado y que se mantenga en el 97,1 % tras haberlo hecho, hace pensar que no han defraudado en desarrollo. Así, la única pega respecto de esta recomendación ha sido por el uso de los mismos en el aula no adecuada de informática, o por su uso en el sistema Diédrico por ser confuso. Las razones para recomendar su uso son porque ayudan en la resolución de dudas como señalan Lay and Shih en su estudio [249], en la visualización espacial de los elementos representados, entendimiento de los problemas y su solución.

6.3.6. Beneficios y Carencias a resaltar. Q5

Los alumnos del GX, que utilizaron los modelos 3D, comentan que éstos asistieron a muchos de los estudiantes del grupo experimental durante el proceso de aprendizaje. Estos resultados sugieren que sea interesante la utilización de modelos 3D en los ejercicios de Expresión Gráfica. Así los estudiantes reconocieron la ayuda prestada por los

modelos 3D, considerando su aportación como bastante satisfechos mayoritariamente, de hecho se encuentran Bastantes satisfecho o completamente satisfecho con el uso de los modelos 3D en un 80,00%, haciendo comprender los ejercicios propuestos mejor. Para muchos de ellos, con la presencia de los modelos 3D encontraban la solución a los problemas más rápidamente que sin ellos.

En cuanto a la comparativa entre las tres tecnologías, se notó buenas valoraciones para las tres tecnologías mostrándose satisfechos o bastante satisfechos. La mejor valorada ha sido SKP con diferencias significativas con RAM. En este tema se piensa que ha contribuido el uso que se ha dado en clase, ya que la visualización del uso de RAM por parte del profesor es difícil en el aula y para explicaciones en las que es necesario designar elementos se ha utilizado más SKP que RAF. Respecto de comparativa entre las tecnologías usadas, los enfoques han sido acordes con otros realizados [182] [183]. Las diferencias marcadas entre los modelos de SKP y RA, son la exactitud, estabilidad, facilidad de manejo de los primeros frente a la capacidad de impacto y su rapidez de la segunda, no observándose grandes diferencias entre los mismos.

La comparativa de todos los medios usados por ambos grupos de forma comparativa se obtiene una valoración media para las fotografías, siendo las mejores las del profesor, los modelos 3D en general y SKP, no quedando muy rezagada al respecto la pizarra. Si existen diferencias significativas entre las presentaciones y los otros elementos utilizados los modelos 3D y la pizarra.

Estas valoraciones sugieren que quizás los alumnos necesiten unos apoyos tridimensionales para el desarrollo de las prácticas, son una herramienta extraordinaria de comunicación como se apunta en [197], pero quizás no necesitan ser tan sofisticados como en la Realidad Aumentada, y debido al pequeño tamaño de la Realidad Aumentada móvil en dichos modelos no se distingue bien lo que se desea transmitir. Contrariamente a lo que Dorribo [189], observa en su estudio donde tabletas y teléfonos inteligentes que se mostraban como más capaces y mejor valorados.

Por otro lado, y aunque en un principio pudiera parecer que la interacción del alumno con los modelos de RA en PC es más dinámica por su comodidad, pensamos que los parpadeos, limitaciones en cuanto a tener que tener el marcador frontal a la pantalla del ordenador, el no poder seleccionar un elemento geométrico concreto en el modelo o el efecto espejo; hacen menos cómoda a esta tecnología respecto de la comunicación con el PC a través del ratón.

Finalmente comentar que ambas tecnologías de RA, mantiene en algunas posiciones los elementos transparentes, por lo que la visión de los modelos no es la misma, al igual que plantea limitaciones en cuanto a la representación de elementos lineales, muchas veces intervienen en el dibujo como elementos principales, y otras veces como elementos de apoyo, y al no estar bien definidos, limita la definición de los mismos. Estas limitaciones sugieren que se necesitan mejoras en esta tecnología de uso, (RA, fija y móvil). Puede ser que por ello que la valoración de la tecnología SKP sea la mejor valorada.

En cuanto a los temas valorados del uso realizado tras el test de Welch determinó la diferencia significativa entre las puntuaciones de las prácticas, siendo agrupadas por la valoración, las menores para Diédrico, un grupo intermedio de perspectivas, siendo el grupo mejor valorado planos acotados, terrenos y cubiertas, observándose diferencias significativas entre este último grupo y el primero.

Estas valoraciones dependen de la visualización gráfica, así como de las características de los modelos 3D utilizados. Así, podemos decir que los modelos 3D en SKP no presentan problemas de visualización independientemente de la geometría del elemento a representar; sin embargo, hay que mencionar que en los modelos tridimensionales en RA son más adecuados o se observan mejor su diseño y apariencia final cuándo estos tienen volumen, es decir, que se observan mejor figuras geométricas complejas con caras cerradas que elementos geométricos más simples, como puede ser el caso de puntos, rectas o planos, lo cual hace que la representación de estos elementos más simples sea algo complicada. La consecuencia inmediata es que creemos que los modelos tridimensionales son más adecuados para problemas que versen sobre dichos elementos complejos, como suele pasar en la resolución de cubiertas o terrenos en Planos Acotados, o en la representación de elementos en Axonométrico o Caballera, más que en la resolución del sistema Diédrico, salvo que no sean muy complejos y versen sobre elementos que tengan características geométricas claramente definidas a nivel superficial, como en el caso de ejercicios de planos. Peor resolución en Diédrico se da cuando estos elementos son más simples. Consecuencia de ello han sido las valoraciones dadas por los alumnos de UMA, dando mayores puntuaciones al trabajo con terrenos o cubiertas, menores a las perspectivas axonométrica y caballera y las menores son para el trabajo de elementos simples de Diédrico donde se tienen que trabajar con puntos, líneas o planos.

También son clave para ver los elementos en perspectiva cuando estos se estaban delineando en Autocad. Sin embargo, en cuanto a la práctica primera de CAD, se estaba al estar introduciendo esta nueva tecnología, y por otro lado, en uso de CAD los alumnos estaban pendientes de aprender los nuevos comandos de este programa de CAD, no pudiendo estar a la vez viendo otro programa para ver 3D piezas. Siendo demasiada tecnología para ver a la vez. Además, el dibujo se trataba solamente de dibujar las piezas no de pensar y deducir los dibujos a realizar.

6.4. Generalización de los TIC 3D

Se puede concluir que la sensación tanto del profesorado como del alumnado ha sido muy positiva, tanto por los datos obtenidos en las encuestas como por los comentarios diarios de clase que han dejado mostrado que los modelos tangibles digitales tridimensionales sirven como recurso didáctico para orientar a los alumnos en la visualización y entendimiento de los elementos bidimensionales representados, fomentando así la participación activa y autónoma de los mismos [52], en la realización de las tareas interaccionando con el entorno, como se señala en [222], consiguiendo una mayor interacción en la dinámica de las clases y en la comprensión de los trabajos realizados, tal y como Vassigh lo comenta en [207].

Para la utilización de los modelos 3D por parte de los alumnos en la realización de los ejercicios cortos y del proyecto a desarrollar se observa que han sido fáciles de usar, con un manejo bastante intuitivo, complementan las explicaciones facilitadas por el docente, conectando la visualización espacial tridimensional con su representación en planta en un ritmo agradable por el discente, ayudándole a comprobar los ejercicios y diseños realizados, tanto en clase como en casa, pudiendo evaluarlos y así facilitar la toma de decisiones en cuanto al rediseño de soluciones.

Del análisis de la experiencia se puede decir que ha existido al principio un problema de identificación de los archivos y del proceso de trabajo del paso de unos otros. Ambos procesos han quedado solucionados con el paso del tiempo y el trabajo con esta tecnología ya que ha quedado clara la identificación de los mismos gracias a su extensión y su icono, eligiendo la aplicación correcta para poder visionarlos sin problemas.

También es reseñable una ligera desorientación entre la correspondencia de archivos-apuntes-ejercicios, pero que ha quedado solventada por la identificación de los mismos a través de códigos. Esto junto con la introducción paulatina del manejo gradual de la aplicación hace que no sea dificultosa la introducción de la nueva tarea propuesta [53], con una tecnología fácil de usar y de aprender, gráfica y visual, no condicionada por el lenguaje oral o escrito, y acorde con el lenguaje tecnológico usado habitualmente por los alumnos.

Una vez controlado lo anterior, se observa simultáneamente una disminución en el número de solicitudes de ayudas por parte de los alumnos hacia los profesores, quedando patente el dominio de los alumnos de las tecnologías de estudio para visualizar en 3D los elementos dibujados. Se piensa que el éxito de estos modelos 3D es debido a la simpleza de los mismos en las conexiones entre las dos realidades, el ser intuitivos y atractivos a los alumnos, sin presentar ningún problema de distracción por elementos imputables a los medios utilizados, alzando la motivación de los alumnos que los usan.

Por otro lado, si se quiere señalar que se requiere un menor esfuerzo del discente, el cual cae en el riesgo de acostumbrarse a una posible dependencia de los modelos tridimensionales para la comprensión de los ejercicios.

Por lo tanto, el proceso de enseñanza aprendizaje se ve variado la dedicación de tiempos. Se requiere una mayor dedicación docente de planificación y, sobre todo de preparación del material didáctico, que es lo que lleva más trabajo tanto en número de modelos como en las distintas transformaciones de las distintas tecnologías usadas en el estudio. Es por ello, por lo que se necesita un mayor esfuerzo anterior al momento en el aula para dejar más tiempo efectivo la misma.

Por el contrario, dicho tiempo en el aula se convierte en tiempo más efectivo, aunque tiene que ser controlado por el profesor, ya que puede verse condicionado por el aprendizaje necesario en cuanto a las aplicaciones usadas, sobre todo los primeros momentos de la experiencia puesto que el tiempo disponible no es mucho debido al abultados de los temarios a impartir.

Por otro lado, no hay que olvidar la capacitación del profesorado para la realización de dichos modelos y el transponer los mismos a las tecnologías presentadas.

En el diseño de los modelos 3D se tiene que tener en cuenta el gran tiempo de dedicación requerido por parte del profesorado, así como lo que el mismo condiciona la capacidad de comunicación final que se puede tener de los modelos 3D. Factores determinantes son la relación de colores entre pieza/fondo, limitando a colores distintos, lisos y con buen contraste, 3D dándole capacidad de transmisión didáctica. Sin embargo, no es posible su reflejo en todos los modelos estudiados. Por lo tanto, cuestiones posibles a mejorar sería la calidad de los gráficos obtenidos de los modelos tridimensionales presentados.

Se puede concluir por tanto, que debido a la facilidad de las aplicaciones necesarias junto con la facilidad y la intuición en su manejo hacen posible que se pueda generalizar

esta experiencia en otros lugares con otros conocimientos siendo el principal condicionante el manejo de los programas de diseño gráfico en tres dimensiones aunque existe una gran cantidad de modelos de distintas disciplinas creados y descargables en la galería gratuita de Trimble SketchUp, 3D Warehouse© [328], formada por modelos mayoritariamente realizados por usuarios de SketchUp y subidos posteriormente al servidor de Google. Los modelos que se pueden descargar tienen extensión *.SKP, (para SketchUp), o *.dae (compatible con Aumentaty©). Aunque existen otras como Archive3D© [329], TurboSquid© [330] o Archibase© [331], por ejemplo.

Se quiere reseñar el gran apoyo que estas ayudas gráficas aportan al proceso de enseñanza aprendizaje con alumnos sordos, de manera similar que en la experiencia [246], mejorando la comunicación a tiempo real en clase, con o sin intérprete asistiendo la comunicación entre profesor y alumno, sirviendo de ayuda para la comprensión de la tarea a comunicar. Por ello, podemos deducir que podría ser una buena idea utilizar los apuntes en este ámbito y que es fácilmente utilizable en cualquier lengua, ya que utiliza un lenguaje gráfico que se puede utilizar de manera internacional.

Se pueden comentar apreciaciones anotadas por el investigador respecto de los programas utilizados para la visualización de los modelos 3D. En cuanto a la visión de los modelos en los monitores hay que comentar que los de RA han presentado algunos problemas de congelado y parpadeo de la imagen en pantalla para aulas de informática con equipamiento relativamente actual, no deben observarse grandes limitaciones, siempre y cuando tengan una buena distribución e iluminación.

En cuanto a las limitaciones tecnológicas, hay que señalar que a la hora de llevarla a cabo se ha aprovechado la infraestructura ya existentes: aula de informática, por lo que se ha tenido que realizar una inversión para visualizar los elementos en Realidad Aumentada cómo son la compra de cámaras y paneles de goma eva, para hacer los primeros marcadores, que posteriormente al imprimirlos son bastante baratos puesto son de papel y sólo se necesita una tapa dura detrás de cartulina. De esta manera pueden llevarse a cabo por su coste asumible como se señala en el estudio [200], que de otra manera no es posible.

En cuanto a los teléfonos móviles el gran problema que podemos encontrarnos es el de una visión deficiente en la pantalla por brillos o por excesiva luminosidad, sin embargo, al ser llevado a cabo la experiencia en interiores estos problemas quedan minimizados. Sin embargo, los alumnos apuntan que el mínimo pequeño tamaño de los objetos 3D vistos en el móvil como el gran inconveniente de estos elementos. Los smartphones usados son propiedad de los alumnos. Es por ello por lo que la actividad es relativamente barata y fácil de difundir e implementar.

Otro punto interesante a comentar sería la necesidad de memoria y el consumo de batería en los dispositivos móviles, para poder disfrutar de estos elementos en cualquier lugar. Cuestiones externas a este estudio que sólo pueden minimizarse con la creación de archivos de menor capacidad y la recarga habitual repetida de la batería del dispositivo.

Pero el gran problema que puede presentarse para llevar a cabo la experiencia es que las TIC den problemas técnicos: falta de Wi-Fi, cobertura, funcionamiento incorrecto de las aplicaciones o del ordenador, así como algunos fallos técnicos de las aplicaciones que al principio al no tener experiencia no se saben solventar pero que con el paso de tiempo se minimizan.

6.5. Futuros trabajos

Una posible vía de investigación es la de optimizar la manera de realizar los modelos tridimensionales de una manera más rápida, como por ejemplo la posibilidad de usar Modelos Digitales de Elevación obtenidos de SIG para realizar los modelos tridimensionales.

Por otro lado, sería interesante la mejora de la textura final de los modelos 3D como por ejemplo, dar la textura a los modelos con planos topográficos georreferenciados sobre los modelos 3D, con lo que se obtendrían los modelos con las líneas de nivel e incluso colores de una manera directa.

De otra parte las modificaciones podrían venir de usar los modelos 3D con otros programas similares con los nuevos dispositivos o mejorando la apariencia de los mismos.

Así, en un futuro se plantea el no utilizar marcadores fiduciales para la visualización de la RA, sino otras imágenes más atractivas. Esa modificación sobre la presentación final del proyecto provoca que sea visualizado su presentación sobre el plano en planta del mismo dando realismo y total correspondencia entre la representación gráfica bidimensional del terreno y su volumen correspondiente.

Esto podría realizarse con otras aplicaciones como Aumentaty© VSearch que permite al autor de la Realidad Aumentada asociar los volúmenes 3D digitales a las imágenes elegidas por éste. Previamente dicho autor-publicador tendría que haber subido a una plataforma web dichos contenidos y que fueran asociados a dichas imágenes o marcas que serían facilitados a los alumnos. Éstos como usuarios finales tras la descarga gratuita de la aplicación app de las tiendas Apple Store y Google Play y la instalación de la misma en su dispositivo, van a poder observar los elementos tridimensionales al captar con su cámara móvil la imagen previamente elegida.

Incluso también cabe la posibilidad de visualizar todos los modelos tangibles digitales in situ geocalizando toda la información, dando así un realismo total del proceso.

Sería interesante aprovechar la popularización de las nuevas tecnologías como es la impresión 3D, y la versatilidad que presentan los modelos realizados en ScketchUp, los cuales pueden ser exportados a formatos con extensión *.stl, que son legibles por las impresoras 3D. Tras su impresión se obtendrían modelos físicos de dichos modelos digitales para complementar de una manera física alguno de los modelos que se han presentado de forma digital, lo cual favorece la combinación de los recursos que nos permite hoy en día la tecnología, Fig. 210. Aunque presenta algunos inconvenientes a priori como son su precio, por lo que todavía no es muy común en entornos educativos, aunque se están abaratando costes [332]. Otro inconveniente que presentan es el tiempo que se tarda en la impresión de cada uno de los modelos.

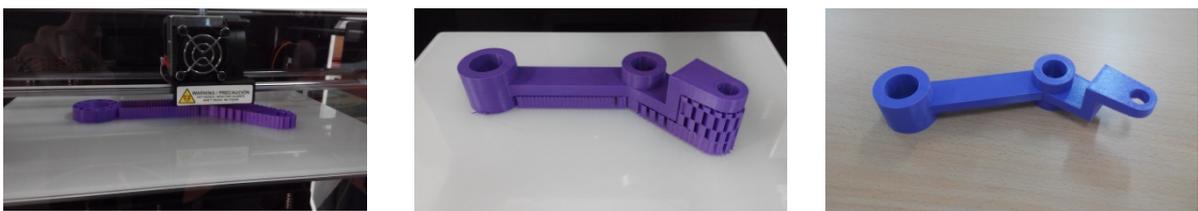


Fig. 210 Modelos impresos con impresora 3D

Ese es también el caso de los móviles o tablets, Fig. 211, que gracias a su versatilidad, simplicidad, movilidad y comodidad, junto con el desarrollo de aplicaciones de visualización, pueden ofrecer nuevos medios educativos para presentar estos modelos 3D, siempre y cuando tengan un tamaño apropiado para mantener unos niveles adecuados de calidad visual. En este caso, se estima que se pueden mejorar la navegación y manipulación de dichos modelos gracias a versatilidad de las pantallas de estos dispositivos que hace que los movimientos de los mismos sea algo completamente natural e intuitiva.

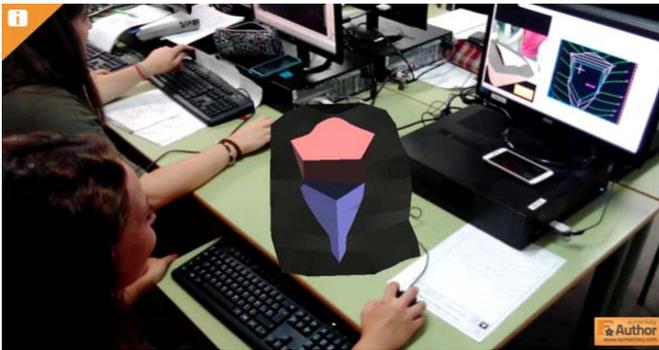


Fig. 211 Modelos 3D con Aumentaty© app



Fig. 212 Aumentaty Cardboard Viewer [104]

Otra versión posible a investigar sería la utilización de Aumentaty© Cardboard Viewer, un visor de Realidad Virtual que permite diseñar prácticas de aprendizaje inmersivo con el smartphone, una app y un visor de Realidad Virtual, véase Fig. 212 y Fig. 213, que permite visualizar la imagen proyectada con sensación de profundidad, reconociendo además el movimiento de la cabeza.

En el futuro, se pretende seguir en el camino de precisar el impacto de cómo estas nuevas vías de comunicación influyen en las habilidades de visualización de los estudiantes dentro del trabajo de la Expresión Gráfica.



Fig. 213 Aumentaty Cardboard Viewer [104]

REFERENCIAS

- [1] J. Mataix Sanjuán, *La habilidad espacial en los estudiantes de carreras técnicas. Desarrollo, medida y evaluación en el marco del espacio europeo de educación superior*, Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, 2014.
- [2] N. S. Newcombe, «Picture this, increasing math and science learning by improving spatial thinking,» *American Educator*, vol. 34, nº 2, pp. 29-35, 2010.
- [3] J. Wai, D. Lubinski y C. P. Benbow, «Spatial ability for STEM domains: aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance,» *Journal of Education Psychology*, vol. 101, nº 4, pp. 817-835, 2009.
- [4] National research council. *Learning to Think Spatially*, Washington. DC: National Academy Press, 2006.
- [5] D. H. Utti, N. G. Meadow y E. Tipton, «The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies,» *Psychological Bulletin*, vol. 139, nº 2, pp. 352-402, 2013.
- [6] A. Black, «Spatial ability and earth science conceptual understanding,» *Journal of Geoscience Education*, vol. 53, nº 4, p. 402-414, 2005.
- [7] B. Winkel, «In plane view: an exercise in visualization,» *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol. 28, nº 4, p. 599-607, 1997.
- [8] H. D. Barke, «Chemical education and spatial ability,» *Journal of Chemical Education*, vol. 70, nº 12, p. 968, 1993.
- [9] R. Eyal y F. Tendick, «Spatial ability and learning the use of an angled laparoscope in a virtual environment,» de *Medicine Meets Virtual Reality*, Amsterdam, 2001.
- [10] M. Alias, T. R. Black y D. E. Gray, «Effect of instructions on spatial visualisation ability in civil engineering students,» *International Education Journal*, vol. 3, nº 1, p. 1-12, 2002.
- [11] M. Alias, T. R. Black y D. E. Gray, «The relationship between spatial visualisation ability and problem solving in structural design,» de *World Transactions on Engineering and Technology Education UICEE*, 2003.
- [12] J. A. Deno, «The relationship of previous experiences to spatial visualization ability,» *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 59, nº 3, p. 5-17, 1995.
- [13] M. H. Pleck, «Visual Literacy-An Important Aspect of Engineering Design,» de *Annual ASEE Conference*, New Orleans, 1991.
- [14] C. Leopold, S. A. Sorby y R. A. Gorska, «Gender differences in 3-D visualization skills of engineering students,» de *7th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*, Cracow, Poland, 1996.
- [15] A. Ursyn, «Computer art graphics integration of art and science,» *Learning and Instruction*, vol. 7, nº 1, p. 65-86, 1997.
- [16] G. Adánez y A. Velasco, «Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores,» *Journal of Geometry and Graphics*, vol. 6, nº 1, pp. 99-109, 2002.
- [17] A. S. C. T. Moraco y N. A. Pirola, «Uma análise da linguagem geométrica no ensino de matemática,» *Bauru-São Paulo (Brazil)*, 2005.
- [18] A. J. Fernandez Alvarez, «De las arquitecturas virtuales a la realidad aumentada un nuevo paradigma de visualización arquitectónica,» de *X congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, Alicante, 2010.
- [19] J. M. McArthur y K. L. Wellner, «Reexamining spatial ability within a Piagetian framework,» *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, nº 10, p. 1065-1082, 1996.
- [20] S. A. Sorby, «Developing 3-D spatial visualization skills,» *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 63, nº 2, p. 21-32, 1999.
- [21] W. J. Vander Wall, «Increasing understanding and visualization abilities using three dimensional models,» *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 45, nº 2, pp. 72-74, 1981.
- [22] C. L. Miller, «Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Models,» *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 56, nº 1, pp. 27-38, 1992.
- [23] Trimble Navigation Limited, «Trimble SketchUp,» Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.sketchup.com/>.

- [24] Adobe Systems Incorporated, «Adobe Acrobat 9 Pro Extended,» Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.adobe.com/support/downloads/product.jsp?platform=Windows&product=158>.
- [25] J. L. Saorín Pérez, J. De la Torre Cantero y N. Martín-Dorta, «Anfore 3D: Objetos de aprendizaje tridimensionales con información ampliada a través de la Realidad aumentada,» *Comunicación y Pedagogía*, nº 277, pp. 22-25, 2014.
- [26] C. Yi-Chen, C. Hung-Lin, H. Wei-Han y K. Shih-Chu, «Use of Tangible and Augmented Reality. Models in Engineering Graphics Courses,» *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, vol. 137, nº 4, pp. 267-276, 2011.
- [27] J. De la Torre, J. L. Saorín, N. Martín-Dorta y M. Contero, «Digital Tangible Interfaces as an alternative to Physical Models for its use in a virtual Learning Environment in Engineering,» de *Proceedings of International Conference in Engineering Education*, 2012.
- [28] J. Martín Gutiérrez, M. D. Meneses Fernández, P. Fabiani Bendicho y C. E. Mora Luis, «Realidad aumentada en Educación Superior Aspectos Pedagógicos y Motivacionales desde la Experiencia,» *Comunicación y Pedagogía*, nº 277, pp. 26-33, 2014.
- [29] E. Dale, «Methods for Analyzing the Content of Motion Pictures,» *Journal of Educational Sociology*, nº 6, pp. 244-250, 1932.
- [30] Wikipedia, «Wikipedia,» Fundación Wikipedia, Inc., 14 Marzo 2013. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Edgar_Dale. [Último acceso: 14 Agosto 2015].
- [31] J. Martín-Gutiérrez y M. Contero, «Mixed Reality for Learning Standard Mechanical Elements,» de *11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2011.
- [32] A. Marchesi y E. Martín, *Tecnología y aprendizaje. Investigación sobre el impacto del ordenador en el aula*, Madrid: SM, 2003.
- [33] C. I. Fernandez Rodicio, «Los nuevos escritorios en la educación: de la Web 2.0 a la Web 3.0,» *Comunicación y Pedagogía*, nº 279, pp. 11-14, 2014.
- [34] J. Martín-Gutiérrez, M. Contero y M. Alcañiz, «Evaluating the usability of an augmented reality based educational application,» de *Springer Berlin, Heidelberg*, 2010.
- [35] S. Guerra, N. González y R. García-Ruiz, «Utilización de las TIC por el profesorado universitario como recurso didáctico,» *Comunicar*, nº 35, pp. 141-148, 2010.
- [36] M. S. Ramírez Montoya, «Recursos tecnológicos para el aprendizaje móvil (mlearning) y su relación con los ambientes de educación a distancia: implementaciones e investigaciones,» *RIED*, vol. 12, nº 2, pp. 57-82, 2009.
- [37] Y. Eshet-Alkalai, «Digital Literacy: A conceptual framework for survival skills in the digital era,» *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, nº 13, pp. 93-106, 2004.
- [38] J. M. Sáez López, «Integración práctica de la tecnología educativo en el grado de educación social,» *EDUTEC*, nº 40, 2012.
- [39] C. Cobo y J. W. Moravec, *Aprendizaje invisible. Hacia una nueva ecología de la educación*, Barcelona: Barcelona: Interactius/ Publicacions i Edició de la Universitat de Barcelona, 2011.
- [40] D. Rogers, «A paradigm shift: Technology integration for higher education in the new millennium,» *Educational Technology Review*, nº 13, pp. 19-27, 2000.
- [41] D. Bouchlaghem, H. Shang, J. Whyte y A. Ganah, «Visualization in architecture, engineering and construction (AEC),» *International Journal of Automation in Construction*, nº 14, pp. 287-295, 2005.
- [42] J. Reeve, A. Raven y M. V. Besora, *Motivación y emoción*, Madrid: McGraw-Hill, 1994.
- [43] A. W. Bates y G. Pole, *Effective Teaching with Technology in Higher Education: Foundations for Success*, Jossey-Bass Inc. U.S., 2003.
- [44] J. M. Muñoz, «Realidad Aumentada una oportunidad para la nueva educación,» *Comunicación y Pedagogía*, vol. 277, nº 278, pp. 6-11, 2014.
- [45] M. A. Zabalza, *Competencias Docentes del Profesorado Universitario y Desarrollo Profesional*, Madrid: Narcea, 2003.
- [46] M. De Miguel, *Modalidades de Enseñanza centradas en el Desarrollo de Competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior*, Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo, 2006.

- [47] T. Lara, «Tiscar.com,» 2008. [En línea]. Available: <http://tiscar.com/>. [Último acceso: 14 Agosto 2015].
- [48] J. M. Artigal, *Contar cuentos enseña lengua al que los cuenta*, Barcelona: Artigal, 2010.
- [49] C. Coll, *Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación*, Barcelona: Tecnologías y Prácticas educativas, 2001.
- [50] E. M. Rodríguez, «Ventajas e inconvenientes de las TICs en el aula. Cuadernos de Educación y Desarrollo nº1,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.eumed.net/rev/ced/09/emrc.htm>. [Último acceso: 20 Mayo 2015].
- [51] M. De Miguel Díaz, «Cambio de paradigma metodológico en la Educación Superior. Exigencias que conlleva,» *Cuadernos de integración europea*, nº 2, pp. 16-27, 2005.
- [52] M. Alonso Rosa, «Taller de Formación Profesional Aumentado,» *Comunicación y Pedagogía*, vol. 278, pp. 52-57, 2014.
- [53] B. Llopis Carrasco, «Formación Aumentada para una nueva Realidad Profesional,» *Comunicación y Pedagogía*, vol. 277, pp. 46-51, 2014.
- [54] F. Mora, *Neuroeducación*, Madrid: Alianza, 2013.
- [55] X. Riba Esteve, «La voz del Experto. Blog. Institut de Formació Contínua,» Universidad de Barcelona, 30 Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://www.il3ub.edu/blog/?p=2060>. [Último acceso: 6 Agosto 2014].
- [56] L. E. Bayonet Robles, A. D. Patiño Matos y A. A. Willmore Lopez, «Realidad aumentada en el Ámbito Universitario,» 21 Junio 2011. [En línea]. Available: www.academia.edu/1548981/Realidad_aumentada_en_el_ambito_Universitario. [Último acceso: 9 Agosto 2015].
- [57] I. E. Sutherland, «A head-mounted three dimensional display,» de AFIPS '68, New York, NY, USA, 1968.
- [58] T. P. Caudell y D. M. Mizell, «Augmented Reality, an Application of Heads-up Display Technology to Manual Manufacturing Processes,» de *Systems Sciences Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference*, Hawaii, 1992.
- [59] J. Rekimoto, «Augmented Reality Using the 2D Matrix Code,» de *4th Workshop on Interactive Systems and Software (WISS'96)*, Japón, 1996.
- [60] R. T. Azuma, «A survey of augmented reality,» *Presence*, vol. 6, nº 4, pp. 355-385, 1997.
- [61] S. Feyner, B. Macintyre, T. Höllerer y A. Webster, «A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment,» de *The first International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)*, 1997.
- [62] H. Kato y M. Billinghurst, «Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality,» de *Conferencing System. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99)*, San Francisco, USA, 1999.
- [63] Human Interface Technology Laboratory, «ARToolKit,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>. [Último acceso: 2015].
- [64] Mixed Reality Lab, *MXRToolKit: Mixed Reality Model Alignment Tool*, National University Singapore, 2003.
- [65] M. Fiala, *ARTag Revision 1, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques*, Institute for Information Technology National Research Council Canada, 2004.
- [66] D. Wagner, «Handheld Augmented Reality. Augmented Reality on Truly Mobile Devices: ARToolKitPlus 2.1.1.,» 2007. [En línea]. Available: <http://handheldar.icg.tugraz.at/stbes.php>. [Último acceso: 2015].
- [67] Augmented Environments Laboratory, «AR Scene Graph: OSGAR,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.cc.gatech.edu/projects/acl/projects/ARSceneGraph.html>. [Último acceso: 2015].
- [68] SourceForge, «AMIRE,» 2007. [En línea]. Available: <http://amire.sourceforge.net>. [Último acceso: 2015].
- [69] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi y F. Kishino, «Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum,» *Systems Research (Telemanipulator and Telepresence Technologies)*, vol. 2351, pp. 282-292, 1994.

- [70] C. González Morcillo, D. Vallejo Fernández, J. A. Albusac Jiménez y J. J. Castro Sánchez, *Realidad Aumentada. Un enfoque práctico con ARtoolkit y Blender*, Ciudad Real: Bubok Publishing, S.L., 2013.
- [71] Facultat d'Informàtica de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya), «Retro informática. el pasado del futuro,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/credits.html>. [Último acceso: 25 Septiembre 2016].
- [72] J. M. Andújar, A. Mejias y M. A. Marquez, «Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory,» *IEEE Transactions on Education*, n° 54, pp. 492 - 500, 2011.
- [73] M. C. Juan y D. Pérez, «Using augmented and virtual reality for the development of acrophobic scenarios. Comparison of the levels of presence and anxiety,» *Comput. Graph.*, vol. 34, pp. 756 - 766, 2010.
- [74] M. Lens-Fitzgerald, «Sprxmobile, Augmented Reality Hype Cycle,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.sprxmobile.com/the-augmented-reality-hype-cycle>. [Último acceso: 23 Agosto 2015].
- [75] Google glass, «Google glass,» [En línea]. Available: <https://plus.google.com/+GoogleGlass/photos>. [Último acceso: Agosto 2015].
- [76] Art Grafic SEO, «Art Grafic seo,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.artgraficseo.com/servicios/realidad-aumentada/visual-search/>. [Último acceso: 9 Agosto 2015].
- [77] R. Reinoso, «Crol,» 2013. [En línea]. Available: <http://crol.crfptic.es/archivos/3711.PDF>. [Último acceso: 20 Agosto 2015].
- [78] J. Martín-Gutiérrez, M. Contero González y M. Alcañiz Raya, *Perpectivas y vistas normalizadas mediante realidad aumentada, Augmented reality books*, 2011.
- [79] K. Grifantini, «Faster Maintenance with Augmented Reality. Technology Review, MIT,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.technologyreview.com/computing/23800>. [Último acceso: 2015].
- [80] R. Reinoso Ortiz, «Posibilidades de la realidad aumentada en educación. Tendencias emergentes en educación con TIC. Espiral,» 2012. [En línea]. Available: http://ciberespiral.org/tendencias/Tendencias_emergentes_en_educacin_con_TIC.pdf. [Último acceso: 23 Agosto 2015].
- [81] C. Portalés Ricart, *Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València*, 2008.
- [82] V. Vlahakis, N. Ioannidis, J. Karigiannis, M. Tsotros, M. Gounaris, D. Stricker, T. Gleue, P. Daehne y L. Almeida, «Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites,» *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22, n° 5, pp. 52-60, 2002.
- [83] S. Talmak, S. Dong y V. R. Kamat, «Geospatial Databases and Augmented Reality Visualization for Improving Safety in Urban Excavation Operations,» de *Construction Research Congress: Innovation for Reshaping Construction Practice*, Reston, 2010.
- [84] A. H. Behzadan y V. R. Kamat, «Visualization of Vehicular Traffic in Augmented Reality for Improved Planning and Analysis of Road Construction Projects,» de *NSF CMMI Engineering Research and Innovation Conference*, Honolulu, Hawaii, 2009.
- [85] V. R. Kamat y S. El-Tawil, «Rapid Post-Disaster Reconnaissance for Building Damage Using Augmented Situational Visualization and Simulation Technology,» de *NSF CMMI Engineering Research and Innovation Conference*, Honolulu, Hawaii, 2009.
- [86] A. H. Behzadan y V. R. Kamat, «Interactive Augmented Reality Visualization for Improved Damage Prevention and Maintenance of Underground Infrastructure,» de *Construction Research Congress, American Society of Civil Engineers*, Reston, 2009.
- [87] A. H. Behzadan y V. R. Kamat, «Animation of Construction Activities in Outdoor Augmented Reality,» de *Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*, Reston, 2006.
- [88] D. H. Shin y P. S. Dunston, «Identification of application areas for Augmented Reality in industrial construction based on technology suitability,» *Automation in Construction*, 17(7), 882-894., vol. 17, n° 7, pp. 882-894, 2008.
- [89] E. Ben-Joseph, H. Ishii, J. Underkoffler, B. Piper y L. Yeung, «Urban Simulation and the Luminous Planning Table: Bridging the Gap between the Digital and the Tangible,» *Journal of Planning Education and Research*, vol. 21, n° 2, pp. 196-203, 2001.
- [90] Fundación Telefónica, «Fundación Telefónica,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.realidadaugmentada-fundaciontelefonica.com/realidad-aumentada.pdf>. [Último acceso: Junio 2015].

- [91] S. Martín, G. Díaz, E. Sancristobal, R. Gil, M. Castro y J. Peire, «New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence,» *Comput. Educ.*, vol. 57, pp. 1893-1906, 2011.
- [92] M. Halle, M. Billinghamurst y B. H. Thomas, «Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design,» de Igi Global, 2007.
- [93] M. A. Castro-Gil, A. Colmenar y S. Martín, «Trends of use of technology in engineering education,» de IEEE EDUCON Engineering Education, Madrid, 2010.
- [94] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa y C. Rouèche, «Realidad aumentada en la educación: Una tecnología emergente,» de Educamadrid, Bilbao, 2007.
- [95] L. A. S. E. V. Johnson, «NMC Horizon Report: 2014 K-12 Edition,» The New 475 Media Consortium, Austin, Texas, 2014.
- [96] L. A. S. E. V. Johnson, «The NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition,» The New 478 Media Consortium, Austin, Texas, 2015.
- [97] L. A. S. E. V. Johnson, «NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition,» The New Media Consortium, Austin, Texas, 2016.
- [98] L. Johnson, A. Levine, R. Smith y S. Stone, «The 2010 Horizon Report,» The New Media Consortium, Austin, Texas, 2010.
- [99] P. Nin, «En la nube TIC: Cómo crear Realidad Aumentada,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.enlanubetic.com.es/2013/11/como-crear-realidad-aumentada.html#.VdNNDLLtIbc>. [Último acceso: 18 Agosto 2015].
- [100] M. Ortega Pérez, «Tecnología Visual Search,» *Comunicación y pedagogía*, vol. 277, pp. 73-76, 2014.
- [101] J. Cubillo, S. Martín, M. Castro, G. Díaz, A. Colmenar y I. Boticki, «A Learning Environment for Augmented Reality Mobile Learning,» de IEEE FIE Frontiers in Education, Madrid, 2014.
- [102] Aumentaty, «Aumentaty,» Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.aumentaty.com/>.
- [103] L. Kerawalla, R. Luckin, S. Seljeflot y A. Woola, «Making it real: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science,» *Virtual Reality*, vol. 10, pp. 163-174, 2006.
- [104] Asociación Espiral, Educación y Tecnología, «Memoria Espiral,» Espiral, Barcelona, 2013.
- [105] Espiral, «Espiral,» espiral, [En línea]. Available: <http://www.ciberespiral.org/>. [Último acceso: 9 Agosto 2015].
- [106] Espiral, «aumentame EDU,» Espiral, 2015. [En línea]. Available: <http://blogs.ciberespiral.org/aumentame15/>. [Último acceso: 10 Agosto 2015].
- [107] R. Reinoso Ortiz, «Entrevista,» *Comunicación y Pedagogía*, vol. 277, pp. 12-15, 2014.
- [108] G. S. Herranz, D. Pérez-López, M. Ortega, E. Soto, M. Alcañiz y M. Contero, «Manipulating Virtual Objects With Your Hands: A Case Study on Applying Desktop Augmented Reality at the Primary School,» de 46th Hawaii International Conference on System Sciences, 2013.
- [109] D. A. Kolb, «Experiential learning: Experience as the source of learning and development,» de Prentice-Hall, 1984.
- [110] L. Sang-Hwa, C. Junyeong y P. Jong-il, «Interactive E-Learning System Using Pattern Recognition and Augmented Reality,» de IEEE Consumer Electronics Society, 2009.
- [111] S. Li, Y. Chen y D. Whittinghill, «Exploring the potential for AR to motivate English vocabulary learning in Chinese college students,» de 121st Annual Conference & Exposition, Indianapolis, IN, 2014.
- [112] S. H. Lee, J. Choi y J. Park, «Interactive e-learning system using pattern recognition and AR,» *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 55, pp. 883-890, 2009.
- [113] K. Asai, H. Kobayashi y T. Kondo, «A Fusion of Augmented Reality and Printed Learning Materials,» de IEEE international conference on advanced learning technologies (ICALT'05), 2005.
- [114] H. Peng, Y. Su, C. Chou y C. Tsai, «Ubiquitous knowledge construction: mobile learning re-defined and a conceptual framework,» *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 46, pp. 171-183, 2009.
- [115] C. M. Chen, «An intelligent mobile location-aware book recommendation system that enhances problem-based learning in libraries,» de Interactive Learning Environments, 2011.
- [116] C. Chen y Y. Tsai, «Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools,» *Comput. Educ.*, vol. 59, pp. 638-652, 2012.

- [117] E. Klopfer, J. Perry, K. Squire y Ming-Fong-Jan, «Collaborative Learning through Augmented Reality Role Playing,» *International Society of the Learning Sciences*, pp. 311-316, 2005.
- [118] F. Mantovani y G. Castelnuovo, «Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through Learning Experience in Virtual Environments,» *Amsterdam Press*, vol. 1, pp. 168-181, 2003.
- [119] K. R. Bujak, I. Radu, R. Catrambone, B. MacIntyre, R. Zheng y G. Golubski, «A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom,» *Comput. Educ.*, 2013.
- [120] K. Atit, K. Gagnier y T. F. Shipley, «Students' gestures Aid penetrative thinking,» *Journal of Geoscience Education*, vol. 63, pp. 66-72, 2015.
- [121] N. Newcombe, S. M. Weisberg y K. Atit, «The Lay of the Land: Sensing and Representing Topography,» *Baltic International Yearbook of Cognition, Logic and Communication*, vol. 10, pp. 1-57, 2015.
- [122] C. Spearman, *The abilities of man*, New York: Mac-Millan, 1927.
- [123] A. Valiente Barderas y C. Galdeano Bienzo, «Habilidades espaciales y competencias en Ingeniería Química,» *Evaluación Educativa*, vol. 25, nº 2, pp. 154-158, 2014.
- [124] J. L. Saorín, R. Navarro, N. Martín y M. Contero, «Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería,» de ICECE, Madrid, 2005.
- [125] M. Contero González, J. L. Saorín Pérez y J. Martín Gutiérrez, «El libro aumentado para la mejora de la capacidad y visión espacial en dibujo técnico,» *Comunicación y Pedagogía*, vol. 280, pp. 15-19, 2014.
- [126] S. A. Sorby, A. F. Wysocky y B. J. Baartmans, *Introduction to 3D SpatialVisualization: An active approach.*, Kentucky: Thomson: Delmar Learnig., 2003.
- [127] Z. A. Akasah y M. Alias, «Bridging the spatial visualisation skills gap through engineering drawing using the whole-to-parts approach,» *Australasian Journal of Engineering Education*, vol. 16, nº 1, p. 81–86, 2010.
- [128] R. V. Fleisig, A. Robertson y A. D. Spence, «Improving the spatial visualization skills of first year engineering students,» de *Canadian Design Engineering Network (CDEN) Conference*, Quebec, 2004.
- [129] B. Kinsey, E. Towle y R. M. Onyancha, «Improvement of Spatial Ability Using Innovative Tools: Alternative View Screen and Physical Model Rotator,» *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 72, nº 1, pp. 1-8, 2008.
- [130] J. L. Mohler y C. L. Miller, «Improving Spatial Ability with Mentored Sketching,» *Engineering Design Graphics Journal*, vol. 72, nº 1, p. 19–27, 2008.
- [131] H. Sánchez Carlessi y C. Reyes Romero, *Psicología del aprendizaje y la educación superior*, Santa Patricia: Visión Universitaria, 2003.
- [132] N. N. Martín Dorta, *Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales*, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- [133] B. Németh, «Measurement of the development of spatial ability by Mental Cutting Test,» *Annales Mathematicae et Informaticae*, vol. 34, pp. 123-128, 2007.
- [134] A. Rafi, K. Samsudin y A. Ismail, «On improving spatial ability through computer-mediated Engineering Drawing instruction,» *Educational Technology & Society*, vol. 9, nº 3, pp. 149-159, 2006.
- [135] S. Sorby, «Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students,» *International Journal of Science Education*, vol. 31, nº 3, pp. 459-480, 2009.
- [136] S. Olkun, «Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities,» *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, vol. April, pp. 1-10, 2003.
- [137] H. Stachel, «Descriptive Geometry in today's engineering curriculum,» *Transactions of FAMENA*, vol. 29, nº 2, pp. 35-44, 2005.
- [138] R. Domínguez Posada, *Influencia de las asignaturas gráficas sobre el desarrollo de la visión espacial en los alumnos de las escuelas técnicas superiores*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 1994.
- [139] D. Clements y M. Battista, *Geometry and Spatial Reasonin*, New York: Macmillan Publishing Company, 1992, pp. 420-464.
- [140] M. McGee, «Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences,» *Psychological Bulletin*, vol. 86, pp. 889-918.

- [141] I. Smith, *Spatial ability: Its educational and social significance*, London: The University of London Press., 1964.
- [142] M. Vara Orozco, «El Geoespacio: un recurso para la enseñanza de la Geometría. Antología sobre el geoplano y geoespacio.,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.matematicaparatodos.com/variados/geoespacio.pdf>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [143] J. Almazán, C. Collivadino y B. Copa, «Utilización de maquetas como recurso didáctico para resolver integrales triples.,» de V Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA(CODINO), Salta, Argentina, 2009.
- [144] V. C. Miranda y A. Á. Caudillo, «Álgebra de funciones mediante procesos de visualización.,» de Noveno Seminario Nacional de Calculadoras y Microcomputadoras en Educación Matemática, México, 1998.
- [145] Á. Gutiérrez y A. Jaime, «Análisis del aprendizaje de geometría espacial en un entorno de geometría dinámica 3-dimensional.,» PNA, vol. 9, nº 2, pp. 53-83, 2015.
- [146] H. Kaufmann, «Construct3D: An augmented reality application for mathematics and geometry education.,» de Proceedings of the ACM International Multimedia Conference and Exhibition, 2002.
- [147] H. Kaufmann y D. Schmalstieg, «Designing Immersive Virtual Reality for Geometry Education.,» de Virtual Reality Conference, 2006.
- [148] H. Kaufmann y D. Schmalstieg, «Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality.,» Computers & Graphics, vol. 27, nº 3, pp. 339-345, 2003.
- [149] H. Kaufmann y A. Dünser, «Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application.,» de ICVR'07 2nd international conference on Virtual reality, Heidelberg, 2007.
- [150] A. Dünser, «Virtual and augmented reality as spatial ability training tools.,» de 7th ACM Computer-human interaction: design centered HCI, 2006.
- [151] S. M. Banu, «Augmented Reality system based on sketches for geometry education.,» de e-Learning and e-Technologies in Education (ICEEE), 2012.
- [152] O. Knil y E. Slavkovsky, «Illustrating mathematics using 3D printers.,» 24 June 2013. [En línea]. Available: <http://arxiv.org/abs/1306.5599v1>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [153] P. Lizana, A. Almagia, R. Henríquez y V. Guevara, «Diseño de herramientas tridimensionales para la enseñanza y aprendizaje en la formación de profesores de Biología.,» 2012. [En línea]. Available: http://www.ucv.cl/pucv/site/artic/20150628/asocfile/20150628211923/memoria_proyectos_umdu_digital.pdf. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [154] P. Lizana, A. Almagia y R. Henríquez, «Implementación de Modelos en 3D como recursos de aprendizaje de la Anatomía Humana en profesores de Biología.,» 2013. [En línea]. Available: http://www.ucv.cl/pucv/site/artic/20150628/asocfile/20150628211923/memoria_proyectos_umdu_digital.pdf. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [155] J. A. Juanes Méndez, «Emulación de sistemas holográficos para la visualización tridimensional de imágenes, con fines docentes.,» 2013. [En línea]. Available: <http://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/122747>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [156] A. Gillet, M. Sanner, D. Stoffler, D. Goodsell y A. Olson, «Augmented Reality with Tangible Auto-Fabricated Models for Molecular Biology Applications.,» de IEEE Visualization, 2004.
- [157] P. A. G. Mamani y C. L. M. Villafaña, «Aplicación de la realidad aumentada para el aprendizaje de Biología Celular.,» 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/9366>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [158] C. Betancourt, M. Delgado, Y. Contreras, R. Pujol Michelena y S. Castro, «Uso de modelos moleculares tridimensionales para la enseñanza del nivel submicroscópico de la materia en el curso fundamentos de química.,» CONHISREMI, Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico, vol. 9, nº 1, pp. 73-90, 2013.
- [159] R. Fernández Palacios, «Uso de los modelos moleculares en la enseñanza de química orgánica en bachillerato: Hibridación.,» 2014. [En línea]. Available: <http://cerro.cpd.uva.es/bitstream/10324/6967/1/TFM-G%20313.pdf>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [160] V. Talanquer, «Construyendo puentes conceptuales entre las varias escalas y dimensiones de los modelos químicos.,» Educación Química, nº 5, pp. 11-17, 2010.
- [161] V. A. Marzocchi, A. Vilchez y M. D'amato, «Incorporación de TICs de modelado molecular en la enseñanza universitaria de la Química.,» TE & ET, 2012.

- [162] M. A. García-Ruiz, L. L. Valdez-Velazquez y Z. Gómez-Sandoval, «Estudio de usabilidad de visualización molecular educativa en un teléfono inteligente,» *Quim. Nova*, vol. 35, nº 3, pp. 648-653, 2012.
- [163] Y. Chen, «A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education,» de *ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications*, 2006.
- [164] A. Rafi y K. Samsudin, «Practising mental rotation using interactive Desktop Mental Rotation Trainer (iDeMRT),» *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, nº 5, pp. 889-900, 2009.
- [165] S. W. Crown, «Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using simple JavaScript Web Based Games,» *Journal of Engineering Education*, vol. July, pp. 347-355, 2001.
- [166] P. Connolly y K. Maicher, «The developing and testing of an interactive Web-based Tutorial for Orthographic Drawing instruction and Visualization Enhancement,» de *ASEE Annual conference & Exposition*, 2005.
- [167] T. Pérez y M. Serrano, *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*, Alicante: Editorial Club Universitario, 1998.
- [168] S. Morán, R. Rubio, R. Gallego, J. Suárez y S. Martín, «Proposal of interactive applications to enhance student's spatial perception,» *Computers & Education*, vol. 50, nº 3, pp. 772-786, 2008.
- [169] S. Urdarevik, «Using models to teach and learn engineering,» de *ASQ Advancing the STEM Agenda Conference*, 2013.
- [170] J. L. Saorín, R. E. Navarro, N. Martín-Dorta, J. Martín y M. Contero, «Spatial skills and its relationship with the engineering studies,» *Dyna*, vol. 84, nº 9, pp. 721-732, 2009.
- [171] D. Ben-Chaim, G. Lappan y R. T. Hougang, «The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls,» *American Educational Research Journal*, nº 25, pp. 51-57, 1998.
- [172] Maditeg, *Didactic Material for engineering design graphics: M14 briefcase: Modelos de tres vistas y cortes*, Santander: Enterprise Suministros Maditeg, 1997.
- [173] N. Martín-Dorta, J. L. Saorín y M. Contero, «Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students,» *Journal of Engineering Education*, vol. October, pp. 505-513, 2008.
- [174] R. M. Onyancha, M. Derov y B. L. Kinsey, «Improvements in spatial ability as a result of targeted training and computer-aided design software use: analyses of object geometries and rotation types,» *Journal of Engineering Education*, nº April, pp. 157-167, 2009.
- [175] J. De la Torre-Cantero, J. L. Saorín, M. Contero y J. Dorribo-Camba, «Interactive sketching in multi-touch digital books. A prototype for technical graphics,» de *IEEE Frontiers in Education Conference*, 2013.
- [176] F. Naya, M. Contero y J. Dorribo-Camba, «A multi-touch application for the automatic evaluation of dimensions in hand-drawn sketches,» de *IEEE Frontiers in Education Conference*, 2013.
- [177] J. Martín-Gutiérrez, J. L. Saorín, M. Contero, M. Alcañiz, D. C. Pérez-López y M. Ortega, «Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students,» *Computers & Graphics*, nº 34, pp. 77-91, 2010.
- [178] J. Martín-Gutiérrez, J. L. Saorín, M. Contero y M. Alcañiz, «AR_Dehaes: an educational toolkit based on AR technology for learning engineering graphics,» de *ICALT IEEE*, 2010.
- [179] J. Martín-Gutiérrez, R. E. Navarro y M. Acosta, «Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students,» de *41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2011.
- [180] M. Contero, J. M. Gomis, F. Naya, F. Albert y J. Martín-Gutierrez, «Development of an augmented reality based remedial course to improve the spatial ability of engineering students,» de *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2012.
- [181] J. Dorribo-Camba y M. Contero, «Incorporating augmented reality content in Engineering Design Graphics materials,» de *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2013.
- [182] J. De la Torre, J. L. Saorín, N. Martín-Dorta y M. Contero, *Tecnologías gráficas avanzadas aplicadas al análisis de las formas y su representación, Taller de Modelado mediante el uso de ejercicios de papel, software 3d y Realidad Aumentada*, 2011.
- [183] J. De la Torre, N. Martín-Dorta, J. L. Saorín, C. Carbonell y M. Contero, «Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad Aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional,» *Revista de Educación a Distancia (RED)*, nº <http://www.um.es/ead/red/37/DELATORREetAL.pdf>, pp. 1-16, 2013.
- [184] Y. Chen, «Use of Tangible and Augmented Reality Models in Engineering Graphics Courses,» *Journal of Professional Issues Engineering Education and Practice*, vol. 137, nº 4, pp. 267-276, 2011.

- [185] J. Martín-Gutiérrez, «Proposal of methodology for learning of standard mechanical elements using augmented reality,» de IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2011.
- [186] J. Martín-Gutiérrez y M. Contero, «Improving Academic Performance and Motivation in Engineering Education with Augmented Reality,» Computer and Information Science, vol. 174, pp. 509-513, 2011.
- [187] H. Chen y K. Feng, «Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education,» ITME, vol. 2, pp. 362-365, 2011.
- [188] M. S. Sidhu y W. Maqableh, «Dynamic simulation of a 3-D 4BL engineering problem using augmented reality,» de IASTED International Conference on Advances in Computer Science and Engineering, ACSE, 2012.
- [189] J. Dorribo Camba, M. Contero y G. Salvador-Herranz, «Desktop vs. Mobile: A Comparative Study of Augmented Reality Systems for Engineering Visualizations in Education,» de IEEE Frontiers in Education Conference, 2014.
- [190] J. Dorribo Camba, J. Otey, M. Contero y M. Alcañiz, Visualization & Engineering Design Graphics with Augmented Reality, AR-books SDC publications, 2013.
- [191] J. Martín-Gutiérrez, M. García-Domínguez, C. Roca-González, A. Sanjuán-HernanPérez y C. Mato-Carrodeguas, «Comparative Analysis Between Training Tools in Spatial Skills for Engineering Graphics Students Based in Virtual Reality, Augmented Reality and PDF3D Technologies,» Procedia Computer Science, vol. 25, pp. 360- 363, 2013.
- [192] M. Figueiredo, P. Cardoso, C. Gonçalves y J. Rodrigues, «Augmented Reality and Holograms for the Visualization of Mechanical Engineering Parts,» de 18th Int. Conf. Information Visualisation, Paris, 2014.
- [193] F. Liarokapis, «Web3D and augmented reality to support engineering education,» de World Transactions on Engineering and Technology Education, 2004.
- [194] J. De la Torre, J. L. Saorín, C. Carbonell, M. D. Castillo y M. R. Contero, «Modelado 3D como herramienta educacional para el desarrollo de competencias de los nuevos grados de Bellas Artes,» Arte, Individuo y Sociedad, vol. 24 (2), pp. 179-193, 2012.
- [195] K. Chih-Hsiang, C. Ting-Chia, C. Yung-Hsun y H. Li-Han, «The Application of Augmented Reality to Design Education,» de Edutainment Technologies. Educational Games and Virtual Reality/Augmented Reality Applications, Lecture Notes in Computer Science, Taipei, 2011.
- [196] E. Redondo, D. Fonseca, L. Giménez, G. Santana y I. Navarro, «Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso,» Arqitetura revista, vol. 8, nº 1, pp. 76-87, 2012.
- [197] E. Redondo y G. Santana, «Metodologías docentes basadas en interfases táctiles para la docencia del dibujo y los proyectos arquitectónicos,» Arqitekturarevista, vol. 6, nº 2, pp. 90-105, 2010.
- [198] E. Redondo, «Dibujo digital. Hacia de una nueva metodología Docente para el dibujo arquitectónico. Un estudio de Caso,» Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, nº 38, pp. 91 - 104, 2010.
- [199] E. Redondo, D. Fonseca, A. Sánchez y I. Navarro, «Augmented reality in architecture degree. New approaches in scene illumination and user evaluation,» de International Journal of Information Technology and Application in Education (JITAE), 2012.
- [200] E. Redondo, D. Fonseca, A. Sánchez y I. Navarro, «New Strategies Using Handheld Augmented Reality and Mobile Learning-teaching Methodologies,» Procedia Computer Science, vol. 25, pp. 52-61, 2013.
- [201] M. Dobelis, «Information Communication Technologies in Architectural Education,» de International conference on engineering education ICEE, 2005.
- [202] C. S. Rodrigues, «VisAr3D: An approach to software architecture teaching based on virtual and augmented reality,» de International Conference on Software Engineering, 2010.
- [203] A. S. Riera, E. R. Domínguez y D. F. Escudero, «Developing an augmented reality application in the framework of architecture degree,» UXeLATE, pp. 37-42, 2012.
- [204] A. S. Riera, E. Redondo y D. Fonseca, «Lighting simulation in augmented reality scenes: Teaching experience in interior design,» de Information Systems and Technologies (CISTI), 2012.
- [205] E. Redondo, I. Navarro, A. Sánchez Riera y D. Fonseca, «Augmented Reality on architectural and building engineering learning processes. Two Study Cases,» Special Issue on Visual Interfaces and User Experience: new approaches, p. 1269–1279, 2012.
- [206] E. Redondo, «Augmented reality in architecture degree: new approaches in scene illumination and user evaluation,» de Journal of Information Technology and Application in Education (JITAE), 2012.

- [207] S. Vassigh, W. Newman, A. Behzadan, Y. Zhu, S. Chen y S. Graham, «Collaborative Learning in Building Sciences Enabled by Augmented Reality,» *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 2, nº 2, pp. 83-88, 2014.
- [208] E. Redondo, A. Sánchez, J. Narcís y J. Regot, «La ciudad como aula digital. Enseñando urbanismo y arquitectura mediante mobile learning y la realidad aumentada. Un estudio de viabilidad y de caso,» *ACE: Architecture, City and Environment*, vol. 7, nº 19, pp. 27-54, 2012.
- [209] R. Chen y X. Wang, «An Empirical Study on Tangible Augmented Reality Learning Space for Design Skill Transfer,» *Tsinghua Science & Technology*, vol. 13, nº 1, pp. 13-18, 2008.
- [210] D. Batie, «Employing 3D sketchup graphic models for teaching construction drawing language,» de *American Society for Engineering Education ASEE Annual Conference and Exposition*, 2006.
- [211] D. Fonseca, S. Villagrasa, F. Valls, E. Redondo, A. Climent y L. Vicent, «Motivation assessment in engineering students using hybrid technologies for 3D visualization,» de *Computers in Education (SIIE), International Symposium*, 2014.
- [212] J. I. Messner, S. C. Yerrapathruni, A. J. Baratta y V. E. Whisker, «Using virtual reality to improve construction engineering education,» de *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2003.
- [213] M. Pérez Carrión, J. I. Ferreiro Prieto, R. E. Pigem Boza, R. Tomás Jover, M. G. Serrano Cardona y M. D. C. Díaz Ivorra, «Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería,» 2006. [En línea]. Available: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/21685>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [214] A. H. Behzadan y V. R. Kamat, «A Framework for Utilizing Context-Aware Augmented Reality Visualization in Engineering Education,» de *Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR)*, 2012.
- [215] A. H. Behzadan y V. R. Kamat, «Enabling Discovery Based Learning in Construction Using Telepresent Augmented Reality,» *Automation in Construction*, vol. 33, pp. 3-10, 2013.
- [216] A. H. Behzadan y V. R. Kamat, «Integrated Information Modeling and Visual Simulation of Engineering Operations Using Dynamic Augmented Reality Scene Graphs,» *Construction Innovation in Building (CIB)*, pp. 259-278, 2011.
- [217] S. Dong, A. H. Behzadan, C. Feng y V. R. Kamat, «Collaborative Visualization of Engineering Processes Using Tabletop Augmented Reality,» *Advances in Engineering Software*, vol. 55, pp. 45-55, 2013.
- [218] A. Z. Sampaio, P. G. Henriques y O. P. Martins, «Virtual Reality technology used in civil engineering education,» de *Open Virtual Reality Journal*, 2010.
- [219] Ó. P. Gómez, R. M. Gurri, O. B. Manrique y L. S. Bably, «Las maquetas y los modelos tridimensionales como auxiliares didácticos para la enseñanza de la topografía y el riesgo,» *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa.*, nº 15, 2002.
- [220] N. Nirmalakhandan, C. Ricketts, J. McShannon y S. Barrett, «Teaching tools to promote active learning: Case study,» *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 133, nº 1, pp. 31-37, 2007.
- [221] C. C. R. G. De Sena y W. R. Do Carmo, «El uso de modelos tridimensionales en la enseñanza de Geografía para personas ciegas: una propuesta de inclusión,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.cartografia.cl/download/modelos2.pdf>. [Último acceso: 16 Agosto 2015].
- [222] J. Martín Martín y M. L. Vázquez Sánchez, «La Maqueta como recurso didáctico en Geografía,» de *V Congreso Ibérico de Didáctica de la Geografía*, Málaga, 2011.
- [223] B. E. Shelton y N. R. Hedley, «Exploring a cognitive basis for learning spatial relationships with augmented reality,» *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, vol. 1, nº 4, pp. 323-357, 2004.
- [224] M. L. Lázaro y Torres, M. A. Alcolea Moratilla y M. T. Palacios Estremera, «Dispositivos móviles: una herramienta para el aprendizaje en Geografía y en los trabajos de campo,» de *Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*, Madrid, 2013.
- [225] N. R. Hedley, «Empirical evidence for advanced geographic visualization interface use,» de *International cartographic congress*, Durban, South Africa, 2004.
- [226] V. Lalioti y A. Woolard, «Mixed reality productions of the future,» de *IBC, International Broadcasting Convention* (pp. 11-15), 2003.

- [227] B. Shelton y N. Hedley, «Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students,» de The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, Darmstadt, Germany., 2002.
- [228] J. Babault, S. Bonnet, A. Crave y J. Van Den Driessche, «Influence of piedmont sedimentation on erosion dynamics of an uplifting landscape: an experimental approach,» *Geology*, vol. 33, n° 4, pp. 301-305, 2005.
- [229] P. Karabinos, «Integrating a Geologic Map and Cross-Sections into an Interactive 3-D Block Diagram with Google SketchUp,» 2011. [En línea]. Available: http://web.williams.edu/wp-etc/geosciences/facultypages/Paul/3D_BlockDiagrams_Reduced.pdf. [Último acceso: 7 Septiembre 2015].
- [230] D. N. Rapp, S. A. Culpepper, K. Kirkby y P. Morin, «Fostering students' comprehension of topographic maps,» *Geoscience Education*, vol. 55, n° 1, p. 5, 2007.
- [231] M. Del Castello y M. L. Cooke, «Watch geologic structures grow before your very eyes in a deformation sandbox,» *Journal of Geoscience Education*, vol. 56, n° 4, pp. 324-333, 2008.
- [232] A. Feldman, M. L. Cooke y M. S. Ellsworth, «The Classroom Sandbox: A Physical Model for Scientific Inquiry,» *The Science Teacher*, vol. 77, n° 9, December 2010.
- [233] L. Pinto, «Development of spatial skills through analog modeling of tectonic deformation,» de GSA Annual Meeting in Vancouver, Vancouver, 2014.
- [234] J. Gobert, «The Effects of Different Learning Tasks on Model-Building in Plate Tectonics: Diagramming versus 386 Explaining,» *Journal of Geoscience Education*, vol. 53, n° 4, pp. 444-455, 2005.
- [235] D. Mathiesen, T. Myers, I. Atkinson y J. Trevathan, «Geological Visualisation with Augmented Reality,» de Network-Based Information Systems (NBIS) 15th International Conference, 2012.
- [236] S. Whitmeyer, M. Feely, D. De Paor, R. Hennessy, J. Nicoletti y M. Rivera, «Visualization techniques in field geology education: A case study from western Ireland,» *Geological Society of America Special Papers*, vol. 461, pp. 105-115, 2009.
- [237] C. R. González, J. Martín-Gutiérrez, M. G. Domínguez, A. S. HernanPérez y C. M. Carrodegua, «Improving Spatial Skills: An Orienteering Experience in Real and Virtual Environments With First Year Engineering Students,» *Procedia Computer Science*, vol. 25, pp. 128-435, 2013.
- [238] C. C. Carbonell, N. Martín-Dorta, J. L. Saorín Pérez y J. Torre Cantero, «Specific Professional Skills Development for Engineering Studies: Spatial Orientation,» *International Journal of Engineering Education*, vol. 31, n° 1(B), pp. 316-322, 2015.
- [239] M. Lanca, «Three-Dimensional Representations of Contour Maps,» *Contemporary Educational Psychology*, vol. 23, pp. 22-41, 1998.
- [240] G. Carter, M. Patrick y E. N. Wiebe, «Middle grade students' interpretation of topographic maps,» de NARST, Dallas, TX, 2005.
- [241] L. Andrade Lotero, C. Espitia Gómez y E. Huertas Franco, «Tocar o Mirar: Comparación de Procesos Cognitivos en el Aprendizaje con o sin Manipulación Física,» *Psicología Educativa*, vol. 18, n° 1, pp. 29-40, 2012.
- [242] W. Knoll y M. Hechinger, *Maquetas de arquitectura. Técnicas y construcción*, Barcelona. Spain: Gustavo Gili S.A. Ed., 2005.
- [243] S. C. Kuehn, «The topographic sand box, a tool for improved understanding and visualization of topographic maps,» *Geological Society of America Abstracts with Programs*, vol. 44, n° 7, p. 101, 2012.
- [244] A. Feldman, M. L. Cooke y M. Ellsworth, «The Classroom Sandbox: A physical model for scientific inquiry,» *Science Teacher*, vol. December, pp. 58-62, 2010.
- [245] A. Feldman, M. L. Cooke y M. Ellsworth, «SOAR-high: Teaching Deaf Students Earth Science Using Sandbox Fault Models,» de NARST session: National Science Teachers Association Philadelphia Area Conference, 2010.
- [246] A. Feldman, M. L. Cooke y S. Schupack, «The use of deformational sandboxes as a model to teach inquiry in schools for the Deaf,» *Association for Science Teacher Education*, 2009.
- [247] J. Cook, «A CNC-Made 3D Topo Map,» 13 May 2012. [En línea]. Available: <http://www.jcopro.net/2012/05/13/a-cnc-made-3d-topo-map/>. [Último acceso: 22 Agosto 2015].
- [248] O. Kreylos, «Augmented Reality Sandbox,» 2015. [En línea]. Available: <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>. [Último acceso: 8 Septiembre 2015].

- [249] J. G. Lay y T. Y. Shih, «Enhancing students' ability in reading contour maps using GIS,» E-Learning Applications I, vol. June, p. 90, 2009.
- [250] L. M. Madsen y C. Rump, «Considerations of How to Study Learning Processes when Students use GIS as an Instrument for Developing Spatial Thinking Skills,» Journal of Geography in Higher Education, vol. 36, nº 1, pp. 97-116, 2012.
- [251] S. Reed, O. Kreylos, S. Hsi, L. Kellogg, G. Schladow, M. B. Yikilmaz, H. Segale, J. Silverman, S. Yalowitz y E. Sato, «Shaping Watersheds Exhibit: An Interactive, Augmented Reality Sandbox for Advancing Earth Science Education,» de American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, 2014.
- [252] C. C. Carbonell y L. A. Bermejo, «Augmented reality as a digital teaching environment to develop spatial thinking,» de Cartography and Geographic Information Science, 2016.
- [253] C. C. Carbonell, V. A. Bogdan, E. L. Chelariu, L. Draghia y S. C. Avarvarei, «Map-Reading Skill Development with 3D Technologies,» Journal of Geography, pp. 1-9, 2016.
- [254] J. Bobrich y S. Otto, «Augmented Maps,» de International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Commission IV, Symposium: Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada, 2002.
- [255] C. C. Carbonell, D. Pérez y M. Díaz, «Intrepretación del Relieve: Tecnologías low cost de representación 3D para la Docencia,» DYNA New Technologies, vol. 1, nº Enero, 2017.
- [256] D. R. Krathwohl, «A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview,» Theory Into Practice, vol. 41, nº 4, pp. 212-218, 2002.
- [257] J. C. López García, «Eduteka,» 2002. [En línea]. Available: <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [258] T. P. Carrión y M. S. Cardona, Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial, Club Universitario, 2013.
- [259] J. Martín Gutierrez, M. Contero González y M. Alcañiz Raya, Curso para la mejora de la capacidad espacial, Valencia: AR-Books.com Augmented Reality books, 2011.
- [260] N. L. Gage y D. C. Berliner, de Educational psychology (6th Ed.), Boston, MA: Houghton Mifflin., 1998.
- [261] L. Moller y J. D. Russel, «An application of the ARCS Model design process and confidence-building strategies,» Performance Improvement Quarterly, vol. 7, nº 4, pp. 54-69, 1994.
- [262] D. Kelly y S. Weibelzahl, «Raising confidence levels using motivational contingency design techniques,» de 8th international conference on intelligent tutoring systems, Berlin: Springer-Verlag., 2006.
- [263] C. M. Reigeluth, Instructional design theories and models: An overview of their current status. Routledge., Routledge, 2013.
- [264] M. L. Maehr y H. A. Meyer, «Understanding motivation and schooling: Where we've been, where we are, and where we need to go,» Educational Psychology Review, vol. 9, nº 4, pp. 371-409, 1997.
- [265] F. Heider, The psychology of interpersonal relations, Nueva York: Wiley, 1958.
- [266] C. B. Hodges, «Designing to motivate: Motivational techniques to incorporate in e- learning experiences,» The Journal of Interactive Online Learning, vol. 2, nº 3, pp. 1-7, 2004.
- [267] K. Davis y J. Newstrom, Comportamiento humano en el trabajo, Mc Graw Hill, 2003.
- [268] G. C. Roberts y Y. Ommundsen, «Effects of achievement goal orientations on achievement beliefs, cognitions, and strategies in team sport,» Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport, vol. 6, pp. 46-56, 1996.
- [269] B. Weiner, Achivement motivation and arrtribution theory, Morristown, N.J.: General Learning Press, 1974.
- [270] P. R. Pintrich y D. H. Schunk, Motivation in education: Theory, research, and applications, Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall, 2002.
- [271] D. L. Rodgers y B. J. Withrow-Thorton, «The effect of instructional media on learner motivation,» International Journal of Instructional Media, vol. 32, nº 4, pp. 333-340, 2005.
- [272] M. Green y T. Sulbaran, «Motivation assessment instrument for virtual reality scheduling simulator,» de World conference on e-learning in corporate, government, healthcare, and higher education, Chesapeake, VA: AACE., 2006.
- [273] L. Jeamu, Y. Kim y Y. Lee, «A web-based program to motivate underachievers learning number sense,» International Journal of Instructional Media, vol. 35, nº 2, pp. 185-194, 2008.

- [274] J. Bruner, *The role of dialogue in language acquisition.*, vol. 2, New York: Springer Science & Business Media, 1978, pp. 241-256.
- [275] B. Rosenshine y C. Meister, «The use of scaffolds for teaching higher-level cognitive strategies,» *Educational leadership*, vol. 49, nº 7, pp. 26-33, 1992.
- [276] E. S. Ellis y M. J. Larkin, «Strategic instruction for adolescents with learning disabilities,» *Learning about learning disabilities*, vol. 2, pp. 585-656, 1998.
- [277] J. M. Keller, «Development and use of the ARCS model of motivational design,» *Journal of Instructional Development*, vol. 10, nº 3, pp. 2-10, 1987.
- [278] J. M. Keller, *Motivational design for learning and performance: The ARCS Model approach*, New York: Springer, 2010.
- [279] J. M. Keller, «First principles of motivation to learn and e3-learning,» *Distance Education*, vol. 29, nº 2, pp. 175-185, 2008.
- [280] D. U. Bolliger, S. Supanakorn y C. Boggs, «Impact of podcasting on student motivation in the online learning environment,» *Computers & Education*, vol. 55, nº 2, pp. 714-722, 2010.
- [281] J. Visser y J. M. Keller, «The clinical use of motivational messages: An inquiry into the validity of the ARCS Model of Motivational Design,» *Instructional Science*, vol. 19, nº 6, pp. 467-500, 1990.
- [282] R. E. Mayer, «The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media,» *Learning and Instruction*, vol. 13, nº 2, pp. 125-139, 2003.
- [283] J. M. Keller y K. Suzuki, «Learning motivation and e-learning design: a multinationally validated process,» *Journal of Educational Media*, vol. 29, nº 3, pp. 229-239, 2004.
- [284] A. B. Frymier y G. M. Shulman, «“What’s in it for me?” Increasing content relevance to enhance students’ motivation,» *Commun. Educ.*, vol. 44, p. 40–50, 1995.
- [285] R. V. Small y M. Gluck, «The relationship of motivational conditions to effective instruction,» *Educ. Technol.*, vol. 36, p. 33–40, 1994.
- [286] H. J. Choi y S. D. Johnson, «The effect of context-based video instruction on learning and motivation in online courses,» *The American Journal of Distance Education*, vol. 19, nº 4, pp. 215-227, 2005.
- [287] T. B. Means, D. H. Jonassen y F. M. Dwyer, «Enhancing relevance: Embedded ARCS strategies vs. purpose,» *Educational Technology Research and Development*, vol. 45, nº 1, pp. 5-18, 1997.
- [288] I. Navarro, A. Galindo y D. Fonseca, «Augmented reality uses in educational research projects: the Falcones Project, a case study applying technology in the Humanities framework at high school level,» de *First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*, 2013.
- [289] B. Shackel y S. Richardson, *Usability - Context, Framework, Design and Evaluation. Human Factors for informatics Usability*, 1991.
- [290] J. Nielsen, *Usabilidad, Diseño de sitios Web*, Madrid: Pearson Educación, 2000.
- [291] J. Nielsen, «Usability Laboratories: A 1994 survey. Usability Labs Survey. Behaviour & Information Technology , 13 (» 1994. [En línea]. Available: www.useit.com/papers/uselabs.html. [Último acceso: 29 Agosto 2015].
- [292] I. DIS, 9241-210: 2010. *Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems*, Switzerland: International Standardization Organization (ISO), 2009.
- [293] ISO/IEC, Standard, *Software engineering Product quality – Part 1: Quality model*, 2001.
- [294] ISO/IEC, *Software Engineering – Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE*, 2005.
- [295] N. Bevan, «Practical Issues in Usability Measurement,» *Interactions*, vol. 13, nº 6, pp. 42-43, 2006.
- [296] E. Redondo, D. Fonseca, A. Sánchez y I. Navarro, «Mobile learning en el ámbito de la arquitectura y la edificación. Análisis de casos de estudio. Aplicaciones para el aprendizaje móvil en educación superior,» *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, vol. 11, nº 1, pp. 152-174, 2014.
- [297] J. Martín Gutiérrez, *Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería*, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2010.
- [298] A. Sánchez Riera, «Tesis Doctoral: Evaluación de la tecnología de realidad aumentada móvil en entornos educativos del ámbito de la arquitectura y la edificación,» *Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB)*, Barcelona, 2013.

- [299] Autodesk, Inc., «Autocad,» Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.autodesk.es/products/autocad/overview>.
- [300] Moodle, «Moodle,» Junio 2015. [En línea]. Available: <https://moodle.org/>.
- [301] F. García Jiménez, «Fundamentos psicológicos de la efectividad de la Realidad Aumentada,» Comunicación y Pedagogía, vol. 277, pp. 67-71, 2014.
- [302] F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra, F. d. P. Montes Tubío, J. A. Juango Ansó y S. Castillo, «Desarrollo de un plan parcial con realidad aumentada según la tipología de Edificios y los parámetros urbanísticos de un PGOU tipo,» de Buenas prácticas con TIC, Guadalajara, México, 2014.
- [303] E. P. Nunes, F. L. Nunes, R. Tori y L. G. Roque, «An approach to assessment of knowledge acquisition by using three-dimensional virtual learning environment,» de IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2014.
- [304] F. J. Ayala Alvarez, E. B. Blázquez Parra y F. d. P. Montes Tubío, «From 2D to 3D: Teaching terrain representation in engineering studies through Augmented reality: Comparative versus 3D pdf,» de IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2014.
- [305] F. J. Ayala Alvarez y J. A. Juango Ansó, «Mejora de las habilidades espaciales en expresión gráfica mediante el uso de la RA,» Comunicación y Pedagogía, vol. 279, pp. 26-32, 2014.
- [306] S. Puntambekar y R. Hubscher, «Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed?,» Educational psychologist, vol. 40, n° 1, pp. 1-12, 2005.
- [307] D. Fonseca, M. Pifarre, E. Redondo, A. Alitany y A. Sánchez, «Combination of qualitative and quantitative techniques in the analysis of new technologies implementation in education: Using augmented reality in the visualization of architectural projects,» de Information Systems and Technologies (CISTI), 8th Iberian Conference IEEE, 2013.
- [308] C. M. Hernández Jorge, M. C. Acosta Jorge, E. Rodríguez Gutiérrez, E. González García y M. Borges Díaz, «Uso de las TICs y Percepción de la Teleformación en alumnado universitario: una perspectiva diferencial en función del género y del ciclo de la carrera,» Interactive Educational Multimedia, vol. 7, n° Octubre, 2003.
- [309] D. Fonseca, S. Villagrasa, F. Valls, E. Redondo y L. V. August Climent, «Engineering teaching methods using hybrid technologies based on the motivation and assessment of student's profiles,» de Frontiers in Education Conference (FIE), Madrid, 2014.
- [310] D. Fonseca, E. Redondo y S. Villagrasa, «Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies,» Universal Access in the Information Society, vol. 14, n° 3, pp. 311-332, 2015.
- [311] D. Fonseca, N. Marti, I. Navarro, E. Redondo y A. Sánchez, «Using augmented reality and education platform in architectural visualization: Evaluation of usability and student's level of satisfaction,» de Computers in Education (SIIE), 2012.
- [312] V. Farinazzo Martins, M. de Paiva Guimaraes y A. G. Correa, «Usability test for Augmented Reality applications,» de XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI), 2013.
- [313] V. F. Martins, E. L. Makihara, L. V. Soares, R. N. Pinto, V. B. Mattos y M. de Paiva Guimaraes, «Usability metrics for augmented reality applications,» de XXXVIII Conferencia Latinoamericana Informatica (CLEI), 2012.
- [314] I. Radu y B. MacIntyre, «Using children's developmental psychology to guide augmented-reality design and usability,» de Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2012.
- [315] J. Choi, Y. Kim y G. J. Kim, «Usability of one handed interaction methods for hand-held projection-based augmented reality,» de Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2011.
- [316] J. L. Gabbard y J. E. Swan, «Usability Engineering for Augmented Reality: Employing User-Based Studies to Inform Design,» Visualization and Computer Graphics, vol. 14, n° 3, pp. 513-525, 2008.
- [317] T. Satpute, S. Pingale y V. Chavan, «Augmented reality in e-learning review of prototype designs for usability evaluation,» de Communication, Information & Computing Technology (ICCICT), 2015.
- [318] R. Ramli y H. B. Zaman, «Designing usability evaluation methodology framework of AugmentedReality basic reading courseware (AR BACA SindD) for Down Syndrome learner,» de Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), 2011.
- [319] D. D. Sumadio y D. R. A. Rambli, «(2010, March). Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education,» de International Conference on Computer Engineering and Applications (ICCEA), 2010.

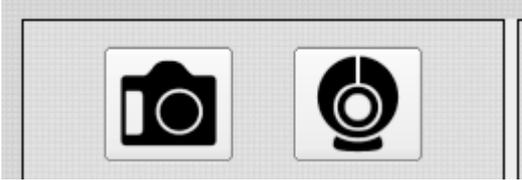
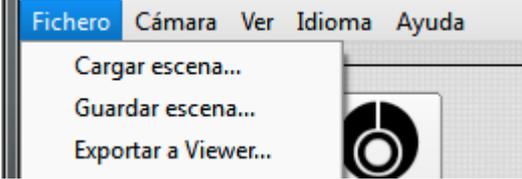
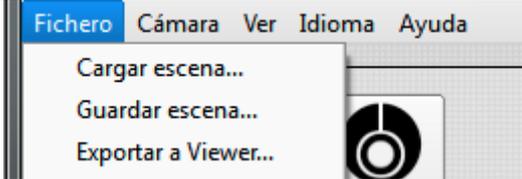
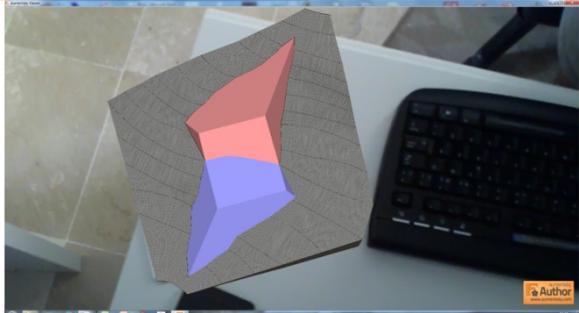
- [320] M. García-Domínguez, C. Roca-González, A. Sanjuán-Hernández, J. Romero-Mayoral y J. Martín-Gutiérrez, «Virtual Reality vs Augmented Reality vs pdf3D as a training tool to improve spatial skills and academic performance of students of engineering graphics,» de Congreso internacional sobre aprendizaje, innovación y competitividad, Madrid, 2013.
- [321] K. Gustafson y R. Branch, Survey of instructional developments models, Eric Clearinghouse on Information, 2002.
- [322] R. Heinich, M. Molenda, J. Russel y S. Smaldino, Instructional media and technology learning, Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2002.
- [323] G. K. Bennett, A. G. Wesman y H. G. Seashore, DAT-5: tests de aptitudes diferenciales: versión 5: manual, TEA Ediciones, 2000.
- [324] J. P. Guilford, Fundamental Statistics in Psychology and Education, New York: McGraw-Hill, 1973.
- [325] M. Alles y E. M. Riggs, «Developing a process model for visual penetrative ability,» Qualitative inquiry in geoscience education research, vol. 474, pp. 63-80, 2011.
- [326] M. Stieff, «Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities,» Journal of Research in Science Teaching, vol. 4810, pp. 1137-1158, 2011.
- [327] Trimble, «3D Warehouse,» Trimble Navigation Limited, 2015. [En línea]. Available: <https://3dwarehouse.sketchup.com/?hl=es>. [Último acceso: 19 Agosto 2016].
- [328] Archive3D, «Archive3D,» 2007. [En línea]. Available: <http://archive3d.net/>. [Último acceso: 15 Junio 2015].
- [329] TurboSquid, «TurboSquid,» 2015. [En línea]. Available: www.turbosquid.com. [Último acceso: 3 Mayo 2015].
- [330] D. Placida, «ArchiBASE,» ArchiBASE.net, 2001. [En línea]. Available: <http://www.archibase.net/>. [Último acceso: 3 Mayo 2015].
- [331] E. Canessa, C. Fonda y M. Zennaro, «Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development,» de International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy, 2013.
- [332] M. Kesim y Y. Ozarslan, «Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education,» de Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER-2012), North Cyprus, 2012.

ANEXOS

Anexo 1 Guía de uso de los programas Aumentaty

Aumentaty Author y Viewer paso a paso

Sin necesidad de que sepas programar [104]

 <p>1. Imprime una marca Selecciona una de las marcas e imprímela para poder visualizar la escena que vamos a realizar.</p>	 <p>2. Activa la cámara Aprieta el botón de cámara y selecciona la cámara que quieras usar para crear la escena de Realidad Aumentada.</p>
 <p>3. Visualiza la marca Apunta la cámara hacia la marca que acabas de imprimir o posiciona la marca delante de la cámara, verás que en la pantalla la marca se colorea de Naranja, eso indica que el software está detectando la marca.</p>	 <p>4. Asignar modelo a marca Elige un modelo de la biblioteca de modelos 3D y arrástralo en la rejilla de marcas a la marca que has impreso. Verás que el modelo 3D se posiciona sobre la marca en la imagen.</p>
 <p>5. Ajusta los modelos Utiliza los controles del panel derecho para modificar la posición, orientación y tamaño del modelo respecto a la marca en tu escena.</p>	 <p>6. Guardar / Cargar escena Arrastra tantos modelos como quieras a las diferentes marcas y podrás visualizarlos todos al mismo tiempo. Si te quedas a mitad, siempre puedes guardar el trabajo realizado usando 'fichero->guardar escena'. Para recuperarlo de nuevo utiliza 'fichero->cargar escena'.</p>
 <p>7. Exportar para compartir Exporta la escena a Aumentaty Viewer: ahora que ya tenemos la escena montada, vamos a exportarla para poder visualizarla con el visor de RA Aumentaty Viewer. Selecciona 'fichero->exportar a Viewer'.</p>	 <p>8. Visualización en Aumentaty viewer Abre y visualiza la escena directamente en Aumentaty Viewer.</p>

Anexo 2 Marcadores



INDEX

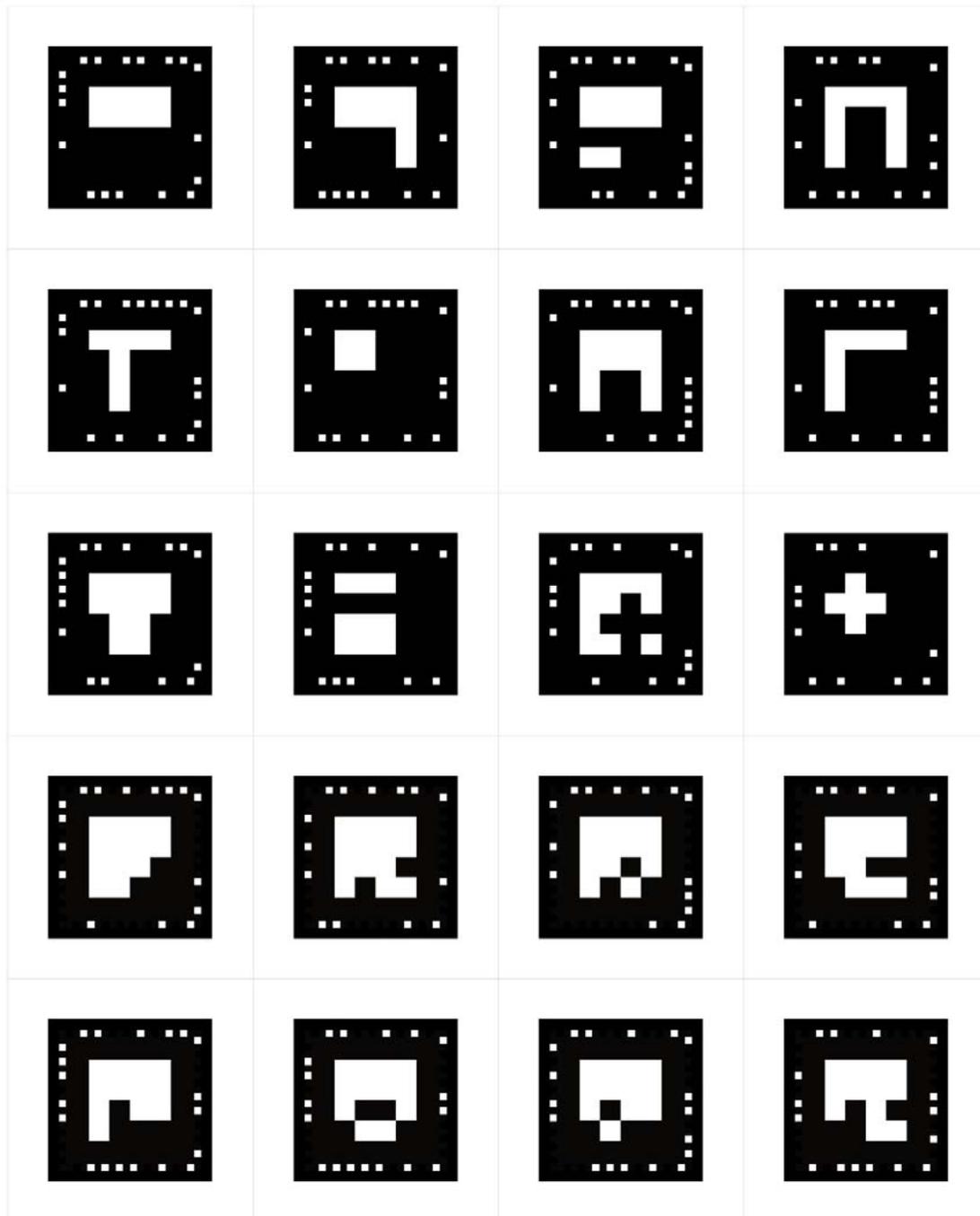


Fig. 214 Marcadores utilizados [102]

Anexo 3 Guía de uso de Adobe Acrobat 9 Pro Extended

Uso del PDF3D

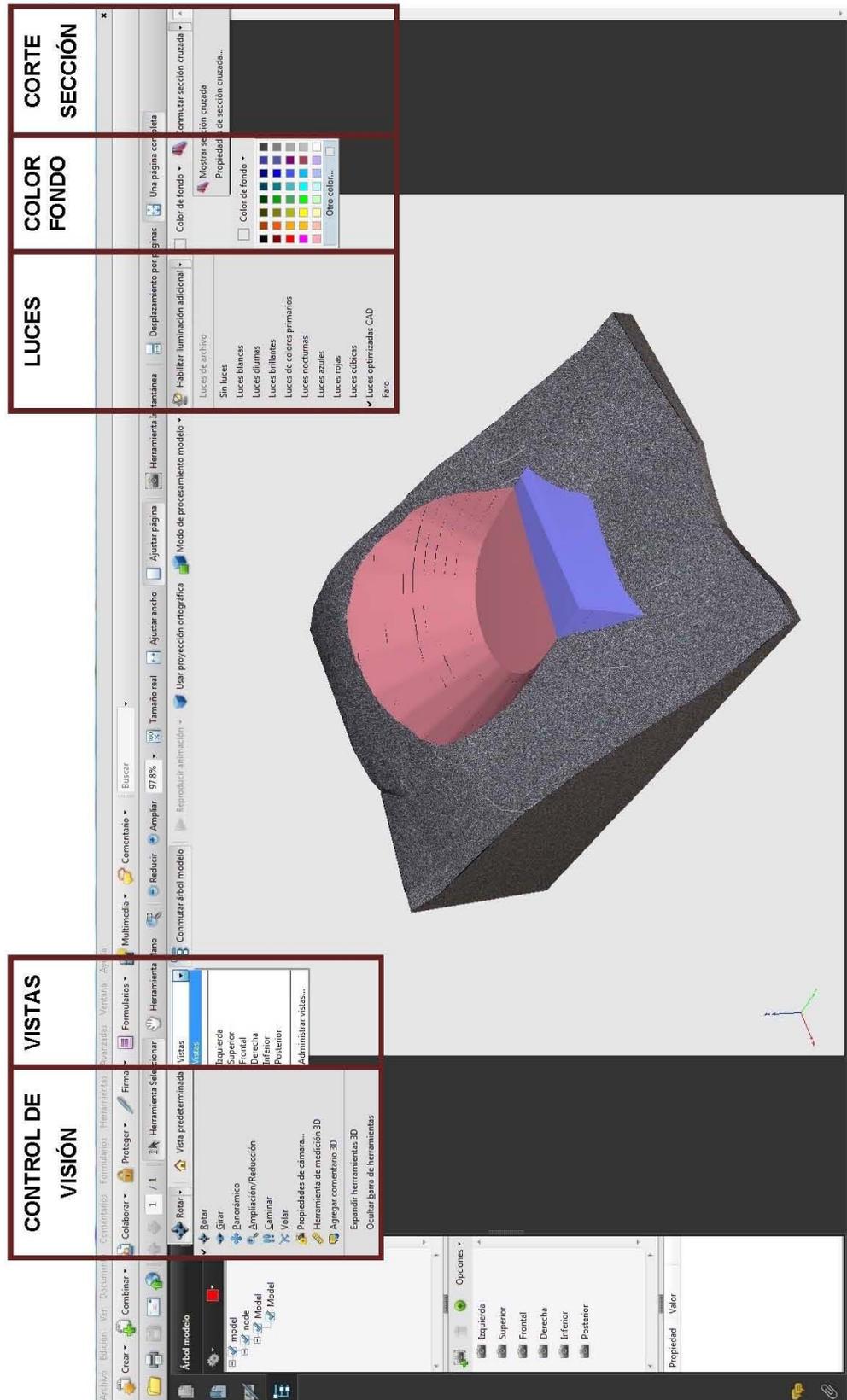


Fig. 215. Guía de uso de Adobe Acrobat 9 Pro Extended

Anexo 4 Guía Visualización de modelos 3D en SketchUp

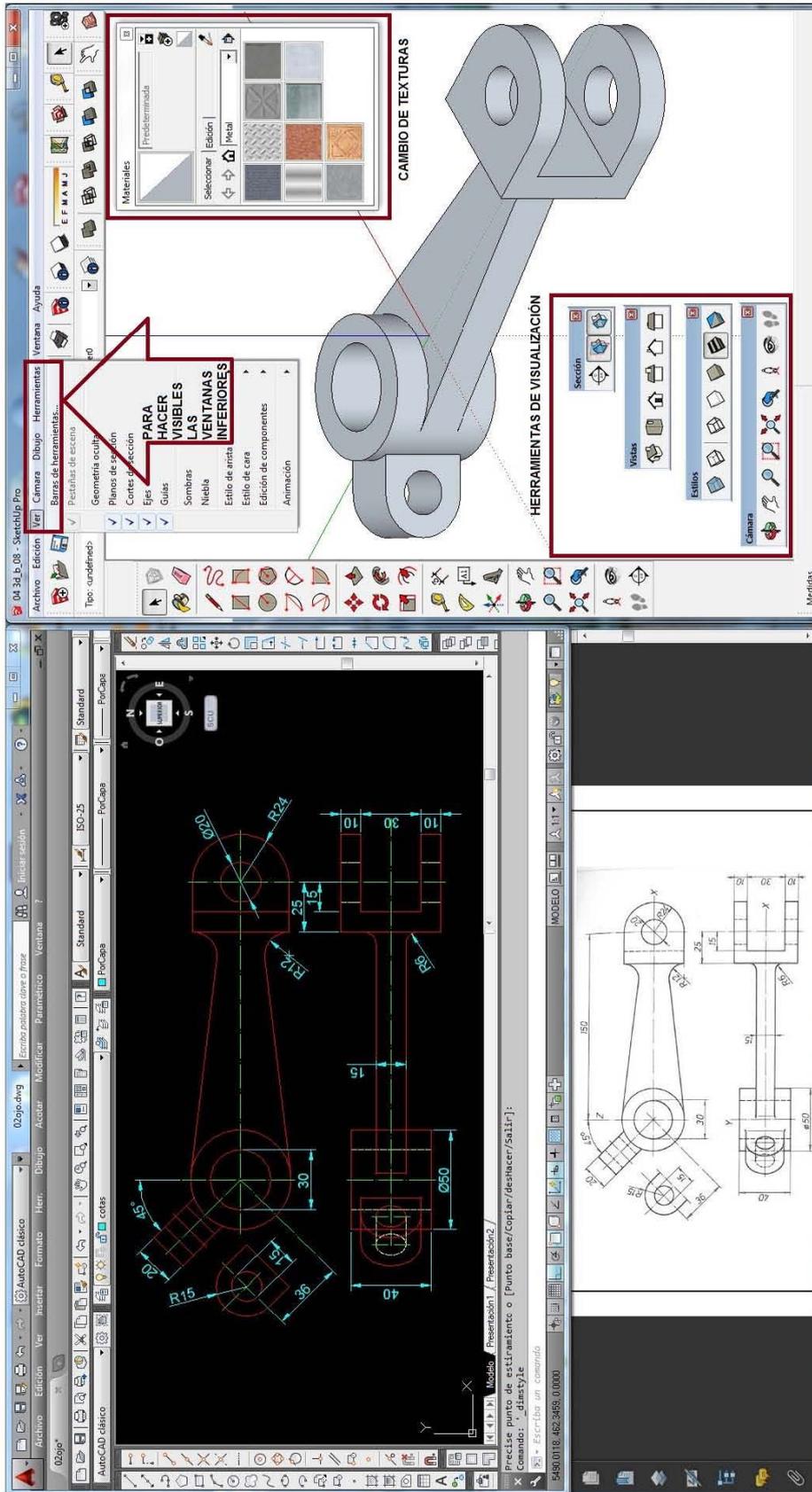
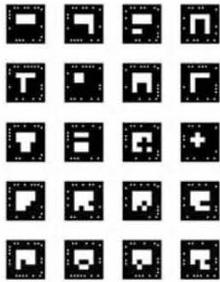


Fig. 216 Guía Visualización de modelos 3D en SketchUp

Anexo 5 Guía de Visualización de modelos 3D. RA de escritorio

1. Imprime una marca

Selecciona la marca e imprímela para poder visualizar la escena deseas visualizar.



2. Abre el archivo

Descarga el archivo del campus de la práctica deseada con la extensión *.atx. Posteriormente haz doble clic sobre él.



3. Visualiza la marca

Apunta la cámara hacia la marca que acabas de imprimir o posiciona la marca delante de la cámara, verás que en la pantalla la marca se colorea de Naranja, eso indica que el software está detectando la marca justo encima de ella verás la pieza seleccionada.

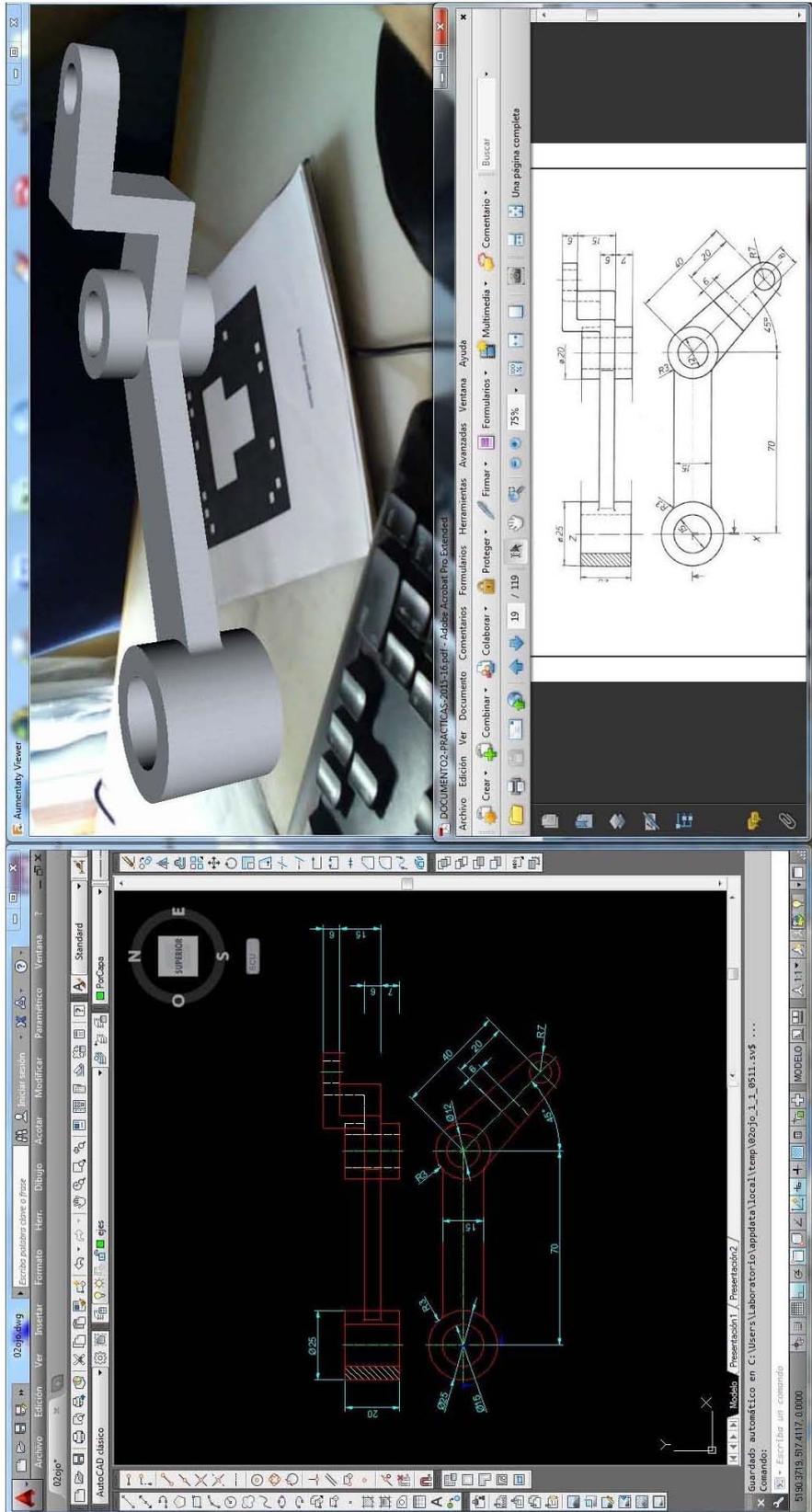
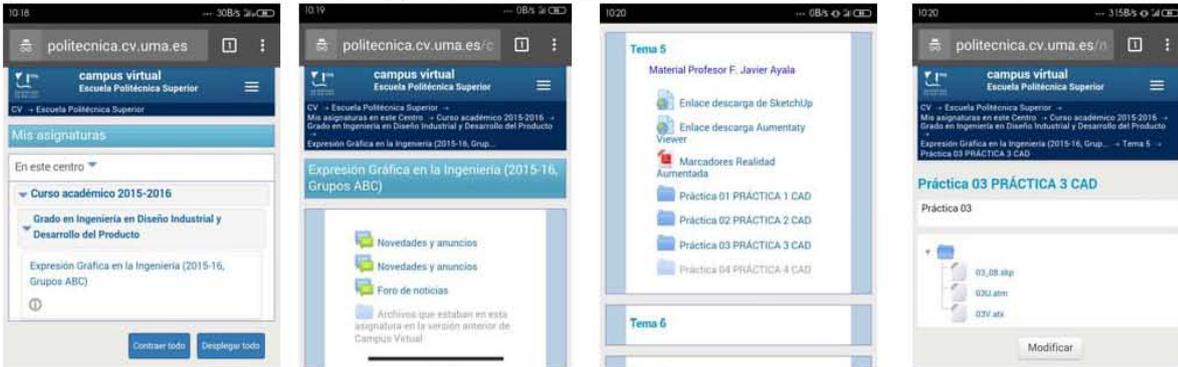


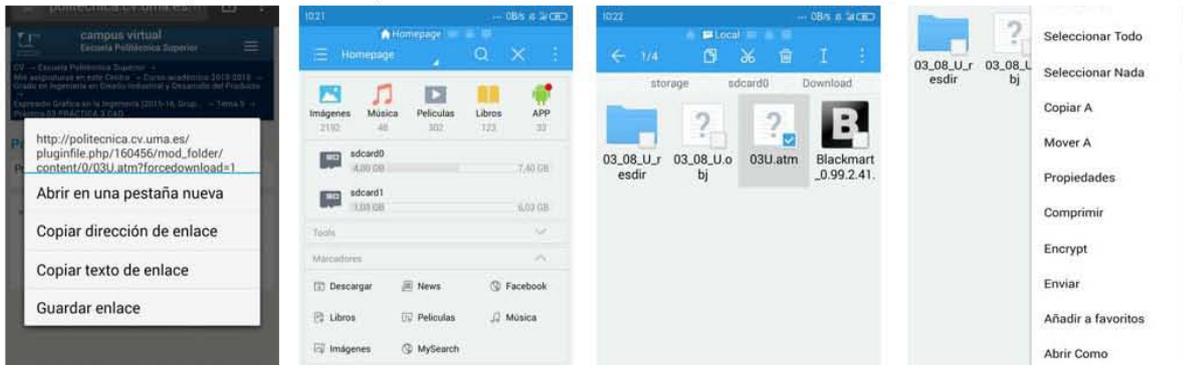
Fig. 217 Guía de Visualización de modelos 3D. RA de escritorio

Anexo 6 Guía de Visualización de modelos 3D con RA móvil

1. Localización de la carpeta, (una por práctica), que contiene los modelos 3d en el campus virtual.



2. Pulsar el archivo correspondiente a la Realidad aumentada móvi (*.atm) y descargarlo, dándole a guardar enlace. Con una aplicación de exploración de archivos, localizar la carpeta de descargas, pulsar el archivo y con el botón auxiliar del móvil seleccionar la opción abrir como



3. Seleccionar Otros. Pulsar Viewer. Se abrirá automáticamente, cargará el archivo. Indica que marcador es el que nos hace falta para visualizar el modelo. Dar a icono cámara. Si ese marcador se visualiza a través de la cámara del móvil en pantalla aparecerá el modelo diseñado en 3D.



Fig. 218 Guía de Visualización de modelos 3D. RA móvil

Anexo 7 Cuestionario FP Perfil del Alumnado

I. DATOS ESTADÍSTICOS

	SÍ/NO
1. Sexo	
• Hombre	
• Mujer	
2. Edad	
• <20	
• 21-25	
• 26-30	
• 31-40	
• >40	
3. Formas de acceso al Ciclo Formativo de Grado Superior	
• Bachiller / COU	
• Bachillerato Científico Tecnológico	
• Bachillerato de CC.SS.	
• Bachillerato de Arte	
• Ciclo formativo de Grado Superior	
• Prueba de Acceso	
4. Que estabas haciendo el curso anterior:	
• Bachillerato	
• Ciclo formativo de Grado Superior	
• Preparar la prueba de acceso	
• Un curso universitario	
• Trabajar	
5. ¿Tienes experiencia previa en el manejo de las líneas de nivel a nivel académico?	
6. ¿Tienes experiencia previa en el manejo de las líneas de nivel a nivel profesional?	
7. ¿Tienes experiencia previa en el manejo de aparatos topográficos?	
8. ¿Estás dispuesto a mejorar tu nivel de conocimiento en la Topografía?	

II. TICs

	SÍ/NO				
9. Señala qué tipo de Tecnologías de la Información (TICs) tienes: (Marca todas las que creas convenientes) (Sí/No)					
• Ordenador de Mesa					
• PC Portátil					
• Smartphone					
• Acceso personal a Internet					
• Tablet					
• MP3/MP4					
• Consola					
• Cámara digital					
10. Señala las TICs que usas y con qué frecuencia:	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• Ordenador de Mesa					
• PC Portátil					
• Smartphone					
• Acceso personal a Internet					
• Tablet					
• MP3/MP4					
• Consola					
• Cámara digital					

11. Señala desde cuando usas las TICs:	No lo utilizo	0-6 Meses	6-12 Meses	1-2 años	>2 años
• Ordenador de Mesa					
• PC Portátil					
• Smartphone					
• Acceso personal a Internet					
• Tablet					
• MP3/MP4					
• Consola					
• Cámara digital					

III. PC/PORTÁTIL Y APLICACIONES

12. Indica dónde sueles usar el ordenador y con qué frecuencia:	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• En casa					
• En el Ciber					
• En el Trabajo					
• En el centro de estudios					
• En lugares de Ocio					
13. Indica qué tipo de software o programas sabes utilizar y con qué nivel:	No sé usarlo	Nivel Bajo	Nivel Medio	Nivel Medio-Alto	Nivel Alto
• Sistema Operativo					
• Textos					
• Tablas					
• Presentaciones / Ponencias					
• Internet					
• Software Educativo					
• Diseño Gráfico					
14. Indica el uso diario que haces de las TICs:	<1 Hora	1-2 Horas	2-4 Horas	4-8 Horas	>8 Horas
• Uso diario del Ordenador					
• Conexión diaria a Internet					

IV. MÓVILES

SÍ/NO

15. ¿Es tu móvil 3G?

16. ¿Posee una Pantalla mayor que 3'5 pulgadas?

17. ¿Qué opciones del teléfono móvil utilizas?	Nunca	Poco	A menudo	Bastante	Mucho
• Internet					
• SMS					
• MMS					
• Whatsapp					
• Apps					
• Música					
• Videos					
• Cámara					

V. INTERNET, REDES SOCIALES Y OTRAS HERRAMIENTAS

18. ¿Qué dispositivo utilizas para conectarte a Internet normalmente?	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• Ordenador de mesa					
• PC portátil					
• Teléfono móvil					
• Tablet					
• Consolas					
19. Indica dónde te sueles conectar a Internet y con qué frecuencia:	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• En casa					
• En un ciber					
• En el trabajo					
• En el centro de estudios					
• Móvil personal					
• Otras Wi-Fi					

VI. REALIDAD AMPLIADA

	SÍ/NO				
20. ¿Sabías qué era la Realidad Aumentada antes de comenzar estos estudios?					
21. ¿Cómo has conocido la Realidad Aumentada? (marca todas las que creas convenientes)					
• Profesor					
• Publicidad					
• Internet					
• Amigos					
22. ¿Crees que puede ser útil en tus estudios?					
23. ¿Crees que aplicar la Realidad Aumentada puede mejorar tus presentaciones?					
24. ¿Crees que la Realidad Aumentada será complicada en su aplicación?					
25. ¿Crees que la Realidad Aumentada puede ser una limitación para el usuario final?					
26. ¿Has usado alguna vez algún dispositivo para visualizar objetos 3D?	Nunca	Rara vez	Alguna vez	Bastantes veces	Muchas veces
• En cualquier lugar					

VII. Dominio previo de las habilidades de EXPRESIÓN GRÁFICA

27. De las siguientes frases valora como te sientes identificado/a:	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
E01 Tengo grandes conocimientos sobre trigonometría.					
E02 Poseo gran habilidad para interpretar los dibujos técnicos en general.					
E03 Me agradan las asignaturas donde el dibujo es una parte importante.					
E04 Domino con gran soltura el sistema Diédrico de representación.					
E05 Dispongo de capacidad para dibujar con el sistema Axonométrico de representación: Isométrico y perspectiva Caballera.					
E06 Soy hábil para interpretar dibujos realizados con el sistema de planos acotados.					
E07 He visto muchas veces planos topográficos.					
E08 Imagínate que te has perdido en medio de un lugar rodeado de naturaleza y que dispones de un plano donde se reflejan las curvas de nivel del lugar. Sería capaz de orientarme con dicho plano.					
E09 Podría realizar cálculos a partir de dibujos y deducir otras medidas a partir de los planos topográficos.					
E10 Sabría realizar perfiles del terreno a partir de las líneas de nivel del mismo.					
E11 Puedo interpretar planos de un movimiento de tierras distinguiendo las partes en desmonte, planas y terraplén.					
E12 Soy capaz de manipular las líneas de nivel que representan a un terreno y trabajar con ellas modificando su forma de acuerdo con las necesidades de un proyecto.					

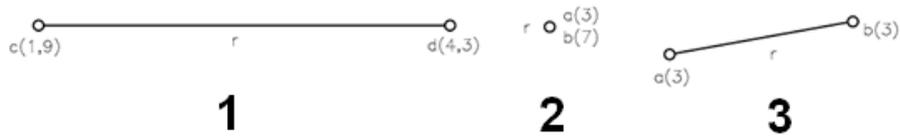
VIII. Dominio previo de las habilidades en MATEMÁTICAS		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
28. De las siguientes frases valora como te sientes identificado/a:						
M01	Tengo grandes conocimientos sobre trigonometría.					
M02	Poseo gran habilidad en el manejo de ángulos.					
M03	Me agradan las asignaturas donde las Matemáticas es una parte importante.					
M04	Domino con gran soltura las escalas de representación.					
M05	Dispongo de capacidad para realizar cálculos referidos a pendientes.					
M06	Soy hábil para realizar cálculos con cambios de unidades.					
M07	Resuelvo con facilidad las ecuaciones.					
M08	Tengo gran dominio en las reglas de tres.					
M09	Tengo una gran visión global desde el punto de vista matemático.					
M10	Las Matemáticas son mi fuerte.					
M11	Sé manejar la calculadora para calcular el seno, coseno y tangente de un ángulo.					
M12	Sé cambiar de unidades de ángulos auxiliándome de la calculadora.					
M13	La parte matemática de los dibujos me parece más fácil de entender que la parte gráfica.					
M14	Las Matemáticas nunca han supuesto una barrera para entender las clases de dibujo.					

Anexo 8 Cuestionario FP Pruebas de nivel A Pre Experiencia

PRUEBA DE NIVEL A

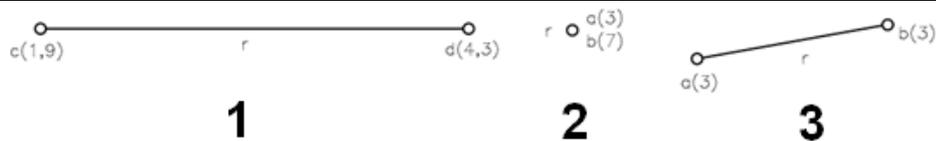
1. ¿Cuál de las tres rectas posee una pendiente 0?

- 1
- 2
- 3



2. ¿Cuál de las tres rectas representa una recta perpendicular al plano de proyección?

- 1
- 2
- 3



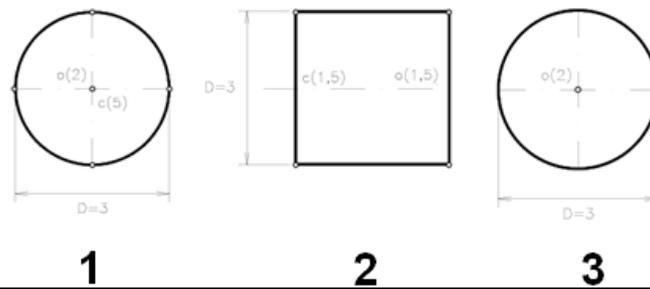
3. ¿Cuál es el desnivel entre los puntos A y B?

- 2
- 6
- 8



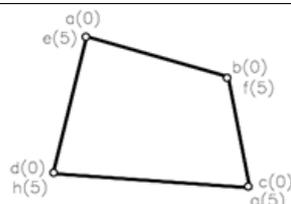
4. ¿Qué figura representa un cilindro recto colocado con su base en un plano horizontal, conocida la proyección del centro de su base a una cota 2, el diámetro 3 y la altura del mismo 3?

- 1
- 2
- 3



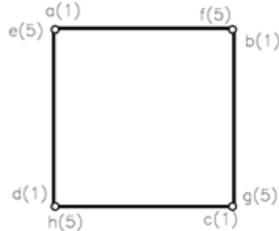
5. ¿Qué representa esta figura?

- Un prisma recto de base irregular.
- Una figura irregular.
- Un volumen completamente irregular.



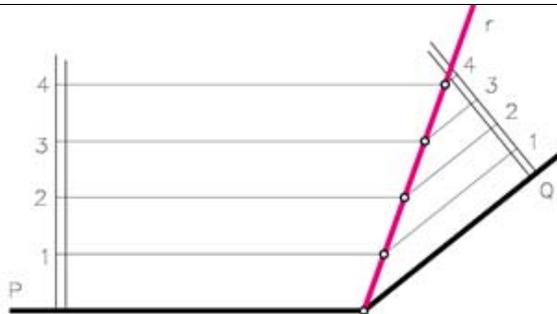
6. ¿Qué representa esta figura?

- Un Hexaedro, apoyado por una de sus caras en un plano P paralelo al Plano de Proyección y situado a una unidad de éste. Magnitud de la arista 4 unidades.
- Un Hexaedro, apoyado por una de sus caras en un plano P paralelo al Plano de Proyección y situado a cuatro unidades de éste. Magnitud de la arista 5 unidades.
- Un Hexaedro, apoyado por una de sus caras en un plano P paralelo al Plano de Proyección y situado a cinco unidades de éste. Magnitud de la arista 1 unidades.



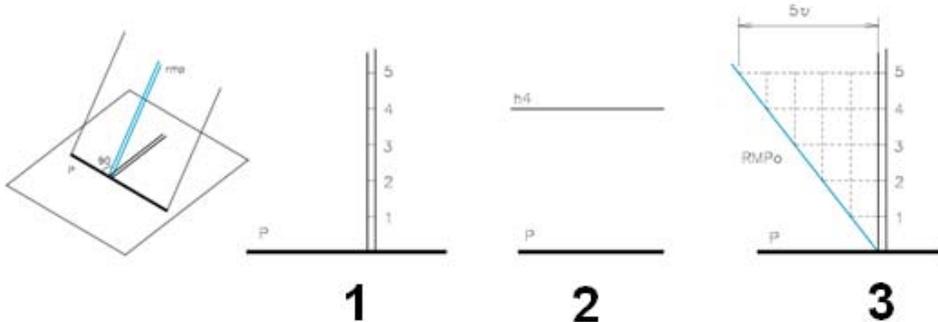
7. ¿Qué representa la recta r? Una recta cualquiera que ...

- está en el plano P, únicamente.
- está en el plano Q, únicamente.
- está en el plano P y Q, a la vez.



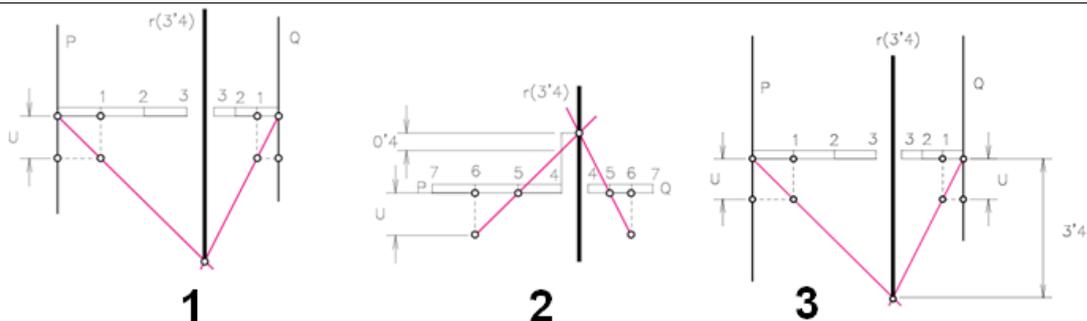
8. ¿Representan estos elementos el mismo plano?

- 1 y 2 si, pero 3 no.
- 1 y 3 si pero 2 no.
- Si, 1, 2 y 3.



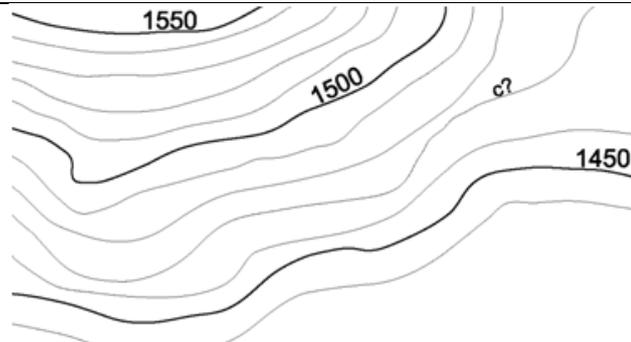
9. En las tres figuras r representa la recta intersección de los planos P y Q, ¿en cuál se acumula el agua caso de verterla en dichos planos P y Q porque los mismos se cortan de forma cóncava, (V)?

- 1
- 2
- 3



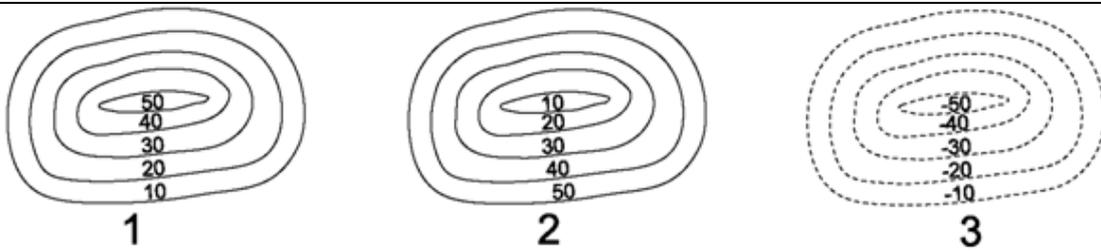
10. ¿Cuál es la cota de la línea de nivel representada con la letra c?

- 1470
- 1475
- 1440



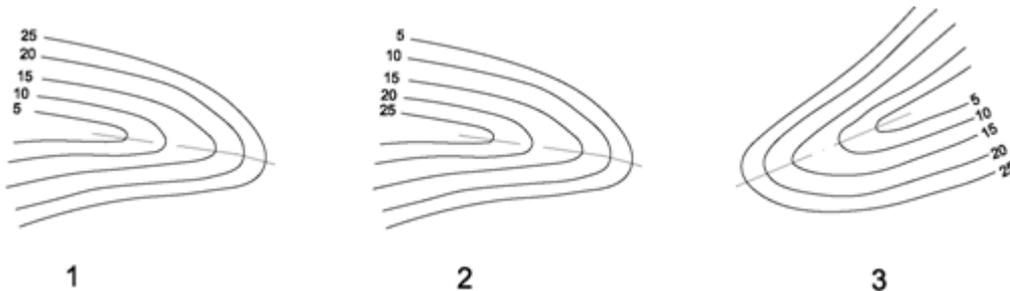
11. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una depresión del terreno sobre el nivel del mar?

- 1
- 2
- 3



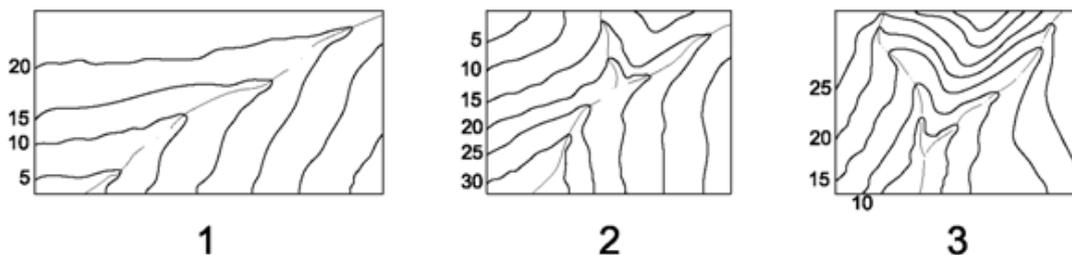
12. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una cresta del terreno, estribo o elemento que divida el agua de lluvia en dos vertientes diferentes?

- 1
- 2
- 3



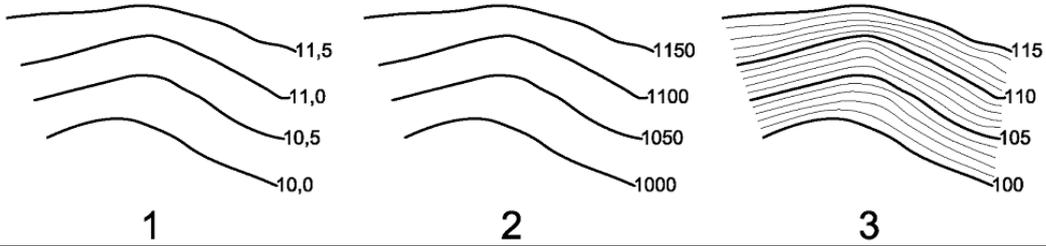
13. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una vaguada en confluencia de varias vertientes, (elemento de terreno que recoja el agua de dos cauces que confluyen en un punto)?

- 1
- 2
- 3



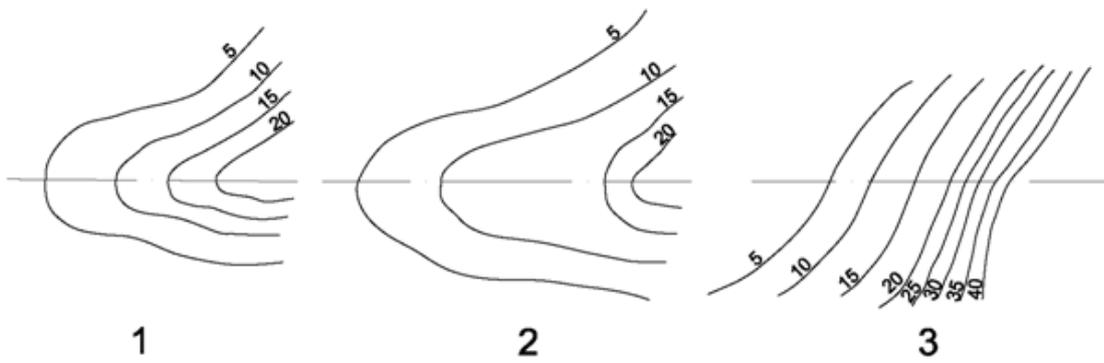
14. De los siguientes terrenos representados, ¿cuál tiene menor pendiente?

- 1
- 2
- 3



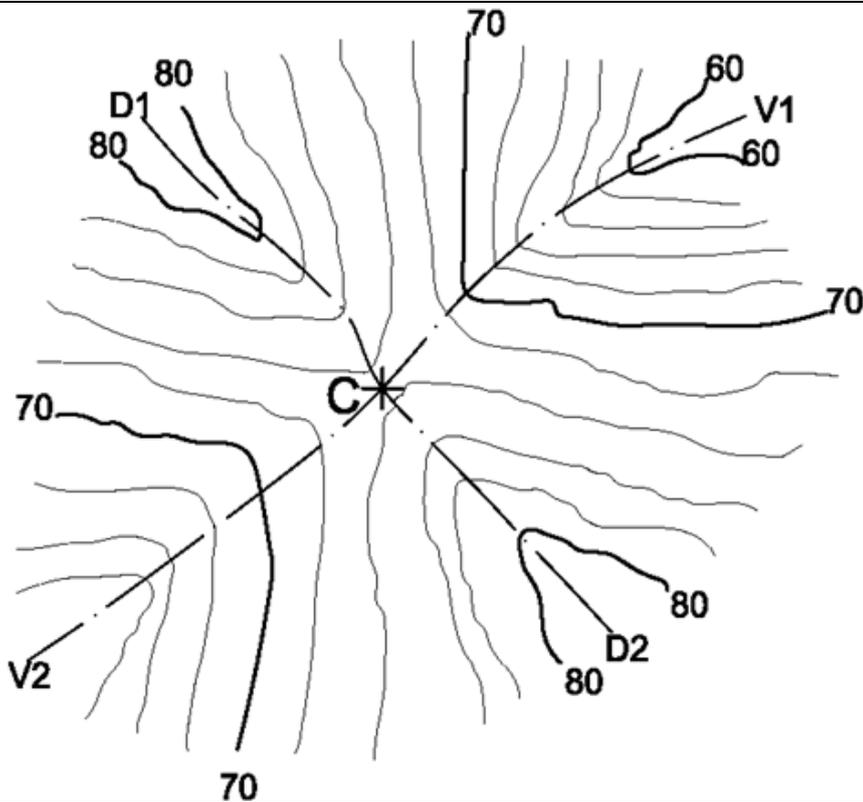
15. De los siguientes terrenos representados, ¿cuál tiene mayor pendiente?

- 1
- 2
- 3



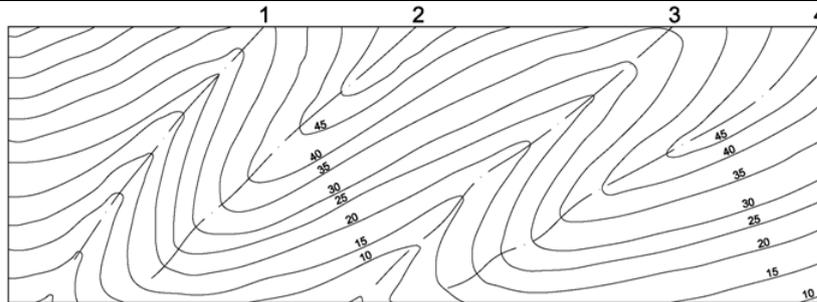
16. El punto C ...

- Es el punto menos elevado de toda la línea V1-V2.
- Es el punto menos elevado de toda la representación.
- Es el punto menos elevado de toda la línea D1-D2.



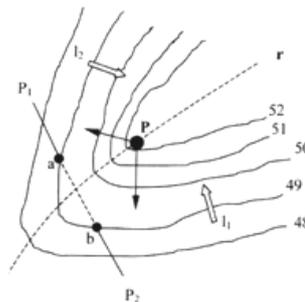
17. En el siguiente terreno representado, ¿cuáles de las siguientes líneas son vaguadas de las aguas, o líneas que recogen el agua de lluvia de dos pendientes diferentes?

- 1 y 3
- 2 y 4
- 1, 2, 3 y 4



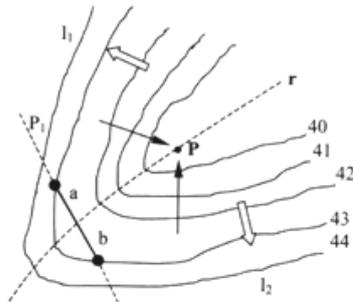
18. En la siguiente figura...

- el segmento ab esta exterior al terreno.
- el agua al caer se divide en dos pendientes.
- el agua de lluvia se recoge en la línea r.



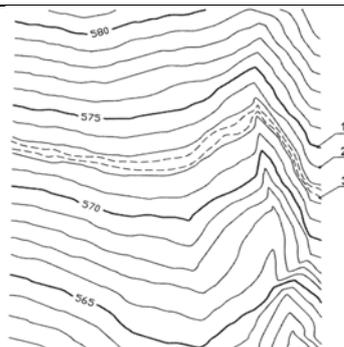
19. En la siguiente representación...

- El agua al caer se recoge en r.
- La línea r divide el agua hacia las dos laderas.
- El segmento ab es interior al terreno.



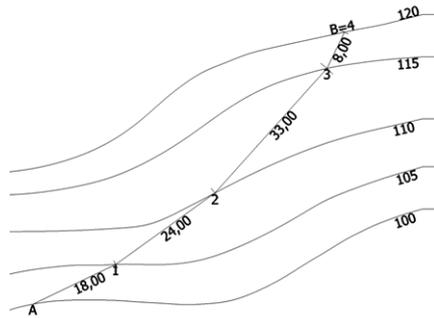
20. La curva de nivel directora es la indicada con...

- 1
- 2
- 3



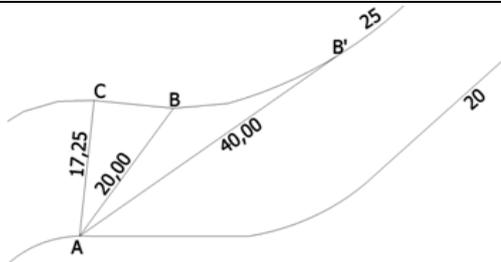
21. De los siguientes trazos... ¿Cuál tiene mayor pendiente? (Las distancias indicadas son vistas en planta).

- A-1
- 3-B ó 3-4
- 2-3



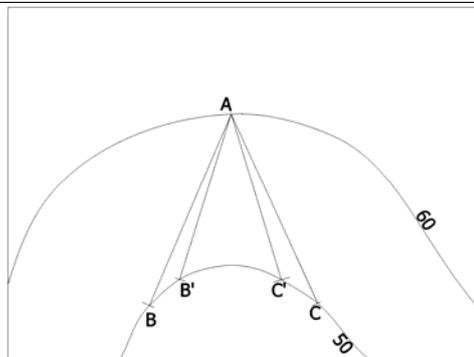
22. De los tres caminos... ¿Cuál tiene menor pendiente? (Las distancias indicadas son vistas en planta).

- A-C
- A-B
- A-B'



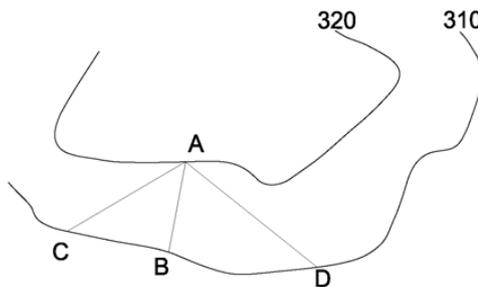
23. Identifica los trazos que tienen pendiente diferente. (Trazos simétricos)

- A-B y A-C
- A-B' y A-C'
- A-B' y A-C



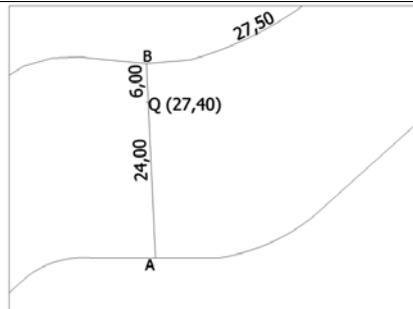
24. De las tres líneas representadas,...que línea representa la pendiente del terreno en A ...

- A-D
- A-C
- A-B



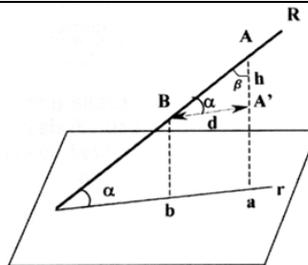
25. ¿Cuál es la cota de la línea de nivel que pasa por A, sabiendo que la cota de Q es 27,40?. (Las longitudes indicadas en el dibujo están medidas en planta, en un plano horizontal)

- 28,00
- 27,00
- 26,50



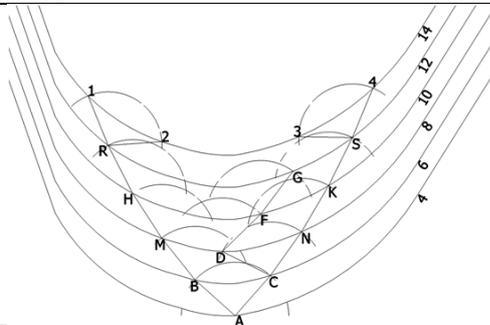
26. La pendiente de la recta R...

- Es $d/(A-A')$
- Es $d/(A-B)$
- Es h/d



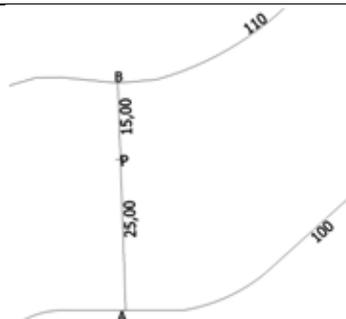
27. Para ascender de la línea de nivel 4 a la 14, puede hacerlo por multitud de caminos, ¿Cuál piensas que es más cómodo de recorrer?

- La mejor es A-B-M-H-R-1
- La mejor es A-C-N-K-S-4
- Las otras dos opciones son válidas.



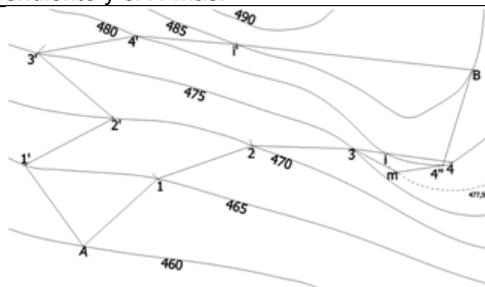
28. Según lo representado,... ¿Cuál puede ser la cota del punto P, sabiendo que las longitudes de las líneas AP, PB y AB en planta son las indicadas en el dibujo?

- 103,75
- 106,25
- 113,75

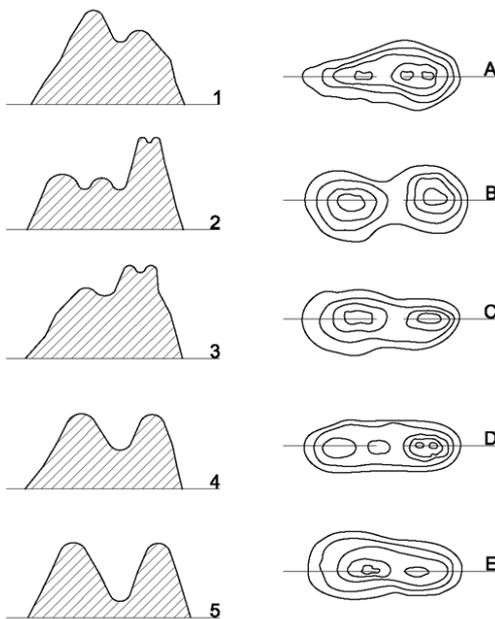


29. Si 12, 23 y 34 tienen la misma longitud en la representación, ¿tienen la misma pendiente?

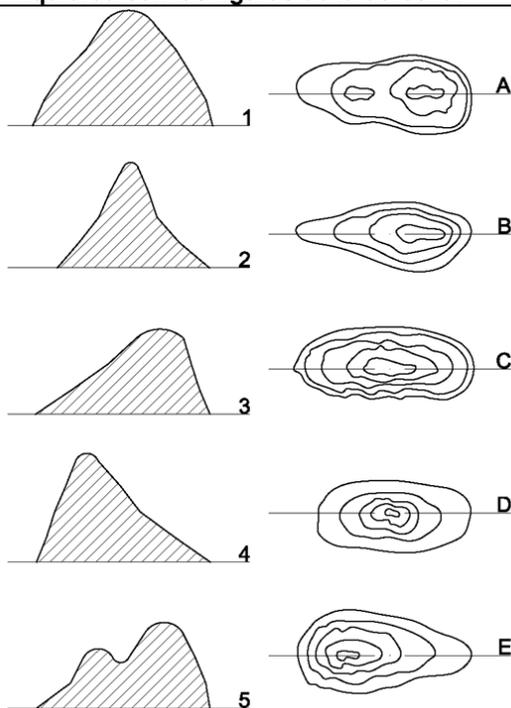
- No. El tramo 3i tiene más pendiente y el i4 menos.
- Si. Puesto que son igual en planta.
- No. El tramo 3i tiene menos pendiente y el i4 más.



30. Empareja los perfiles de la izquierda con las figuras de la derecha.

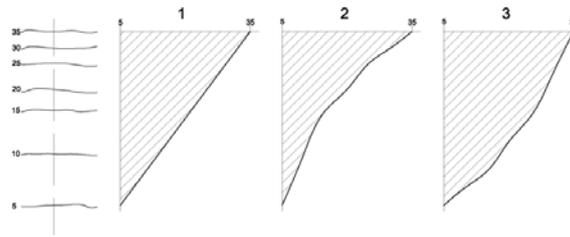


31. Empareja los perfiles de la izquierda con las figuras de la derecha.



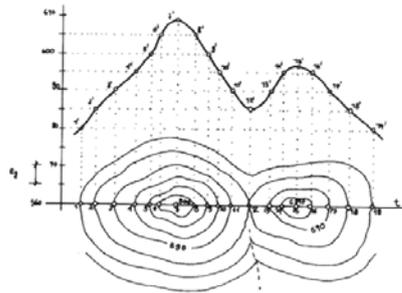
32. De los siguientes perfiles representados, ¿cuál es el que se corresponde con las líneas de nivel de la izquierda en la figura adjunta?

- 1
- 2
- 3



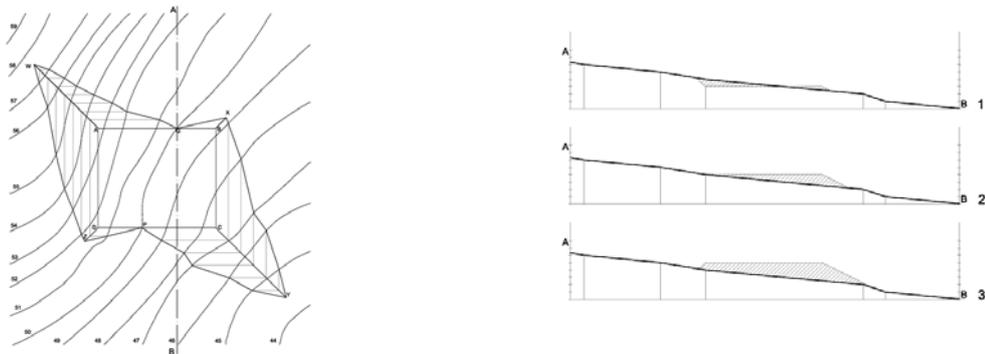
33. El dibujo representa...

- Un perfil del terreno realizado con un plano perpendicular al plano horizontal de proyección.
- Un perfil del terreno realizado con un plano paralelo al plano horizontal de proyección.
- Una línea intersección del terreno con un plano paralelo al plano horizontal de proyección.



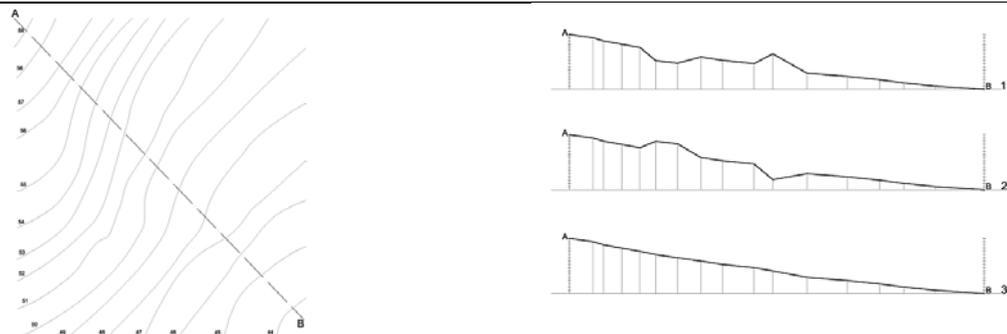
34. ¿Cuál de los siguientes perfiles crees que es el que mejor representa el perfil realizado por AB?

- 1
- 2
- 3

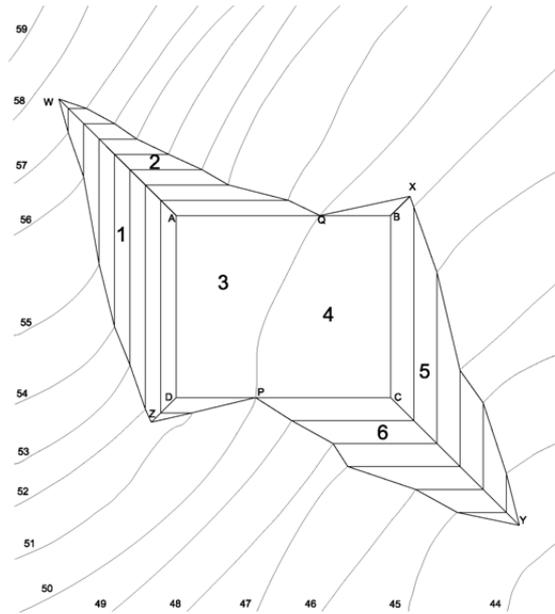


35. ¿Cuál de los siguientes perfiles crees que es el que mejor representa el perfil realizado por AB?

- 1
- 2
- 3



Las siguientes preguntas son sobre esta imagen:



36. ¿Cuál de estas zonas es plana y horizontal al final del movimiento de tierras?

- Zona 2
- Zona 4
- Zona 5

37. ¿Cuál de estas zonas es sometida a desmorte?

- Zona 2
- Zona 5
- Ninguna

38. ¿Cuál es la cota de la explanación?

- 50,00
- 49,50
- 48,50

39. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el desmorte en el movimiento de tierras representado?

- 44,44
- 58,39
- 57,61

40. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el terraplén en el movimiento de tierras representado?

- 44,44
- 45,56
- 57,61

41. Las líneas AD Y BC respecto del terreno tras acabar el movimiento de tierras....

- Son perpendiculares respecto del terreno modificado.
- Son horizontales respecto del terreno modificado.
- Son inclinadas respecto del terreno modificado.

42. Las líneas BX Y CY...

- Representan la intersección de los planos de desmorte con los de terraplén.
- Representan la intersección de los planos de desmorte entre sí.
- Representan la intersección de los planos de terraplén entre sí.

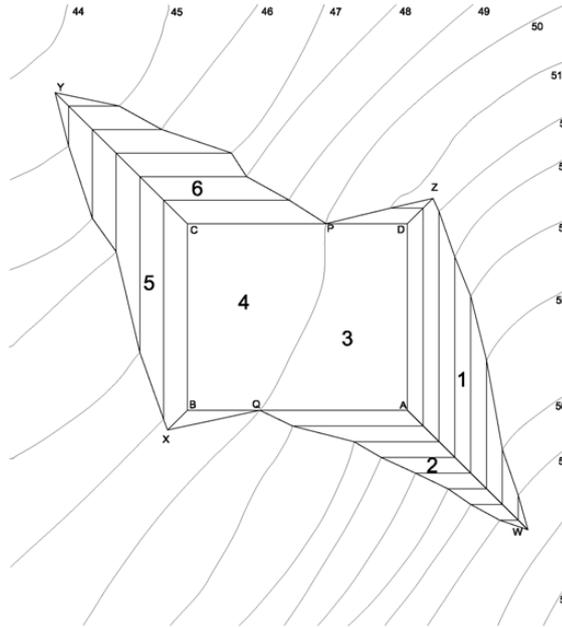
43. Las líneas paralelas a BC están más separadas entre sí que las líneas paralelas a AD....

- Porque el plano de desmorte tiene menos pendiente que el plano de terraplén.
- Porque el terreno original tiene menos pendiente que los planos de desmorte y terraplén.
- Porque el plano de terraplén tiene menos pendiente que el plano de desmorte.

44. Se desea minimizar el movimiento de tierras en esta parcela, ¿sería conveniente situar esta plataforma a una cota de 53,00 metros?

- No, habría mucho desmorte y poco terraplén.
- No, habría mucho terraplén y poco desmorte.
- Si, puesto que estarían compensados los desmontes y los terraplenes.

Las siguientes preguntas son sobre esta imagen:



45. ¿Cuál de estas zonas es plana y horizontal al final del movimiento de tierras?

- Zona 2
- Zona 4
- Zona 5

46. ¿Cuál de estas zonas es sometida a desmonte?

- Zona 2
- Ninguna
- Zona 5

47. ¿Cuál es la cota de la explanación?

- 50,00
- 49,50
- 48,50

48. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el desmonte en el movimiento de tierras representado?

- 44,44
- 58,39
- 57,61

49. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el terraplén en el movimiento de tierras representado?

- 44,44
- 45,56
- 57,61

50. Las líneas AD Y BC....

- Son perpendiculares respecto del terreno modificado.
- Son horizontales respecto del terreno modificado.
- Son inclinadas respecto del terreno modificado.

51. Las líneas BX Y CY...

- Representan la intersección de los planos de desmonte con los de terraplén.
- Representan la intersección de los planos de desmonte entre sí.
- Representan la intersección de los planos de terraplén entre sí.

52. Las líneas paralelas a BC de la zona 5 están más separadas entre sí que las líneas paralelas AD de la zona 1....

- Porque el plano de desmonte tiene menos pendiente que el plano de terraplén.
- Porque el terreno original tiene menos pendiente, que los planos de desmonte y terraplén.
- Porque el plano de terraplén tiene menos pendiente que el plano de desmonte.

53. Se desea minimizar el movimiento de tierras en esta parcela, ¿sería conveniente situar esta plataforma a una cota de 53,00 metros?

- No, habría mucho desmonte y poco terraplén.
- No, habría mucho terraplén y poco desmonte.
- Si, puesto que estarían compensados los desmontes y los terraplenes.

54. Empareja cada elemento con su definición....

- | | |
|---------------|---|
| • Pendiente | • Poner llano un terreno, suelo, etc. |
| • Talud | • Inclínación del paramento de un muro o terreno. |
| • Explanar | • Llenar de tierra un vacío o hueco. |
| • Terraplenar | • Rebajar un terreno. |
| • Desmontar | • Inclínado, en declive. |

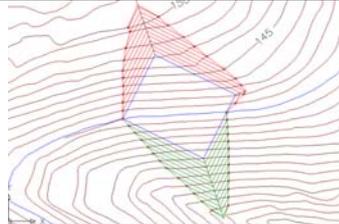
55. Podrías calcular el módulo del talud 3/2....

- 1,50
- 1,6666667
- 0,6666667

56. Podrías calcular el módulo del talud. 60%....

- 1,6666667
- 1,50
- 0,6666667

Las siguientes preguntas son sobre esta imagen:



57. Si la línea azul determina los límites de una plataforma. Sabiendo que la cota elegida para poner la misma ha sido +140,00. Determinar....

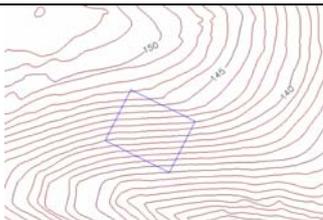
- Lo verde es desmote.
- Lo rojo es desmonte.
- Lo rojo está plano.

58. Si la línea azul determina los límites de una plataforma. Sabiendo que la cota elegida para poner la misma ha sido +140,00. Determinar....

- Lo verde está plano.
- Lo verde es terraplén.
- Lo rojo es terraplén.

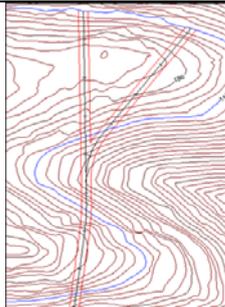
59. Si la línea azul determina los límites de una plataforma situada a la cota +140,00, con taludes de desmonte y terraplén 1/1. Sabrías realizar el dibujo del movimiento de tierras....es decir, obtener el dibujo de debajo (derecha), partiendo del de arriba con los datos indicados.....

- No.
- Si.



60. Si la línea roja determina los límites de una futura vía, plana, a +145,00, sabrías determinar que parte de la misma va a estar sometida a terraplén.

- La parte inferior de la vía en la imagen.
- La parte superior de la vía en la imagen.
- La parte central de la vía en la imagen

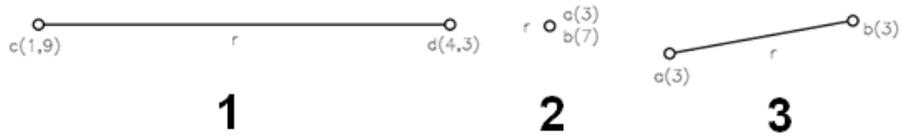


Anexo 9 Cuestionario FP Pruebas de nivel B Post Experiencia

PRUEBA DE NIVEL B

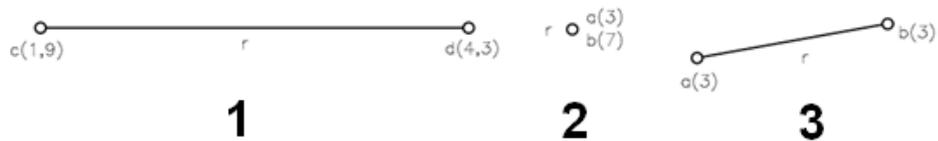
1. ¿Cuál de las tres rectas está inclinada en el espacio?

- 1
- 2
- 3



2. ¿Cuál de las tres rectas representa una recta paralela al plano de proyección?

- 1
- 2
- 3



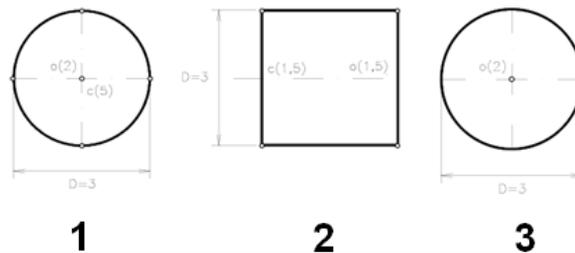
3. ¿Cuál es el desnivel entre los puntos C y B?

- 3
- 2
- 7



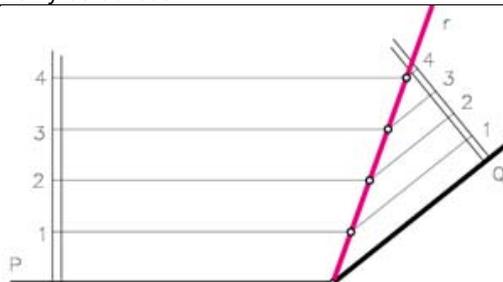
4. ¿Qué figura representa un cilindro recto colocado con sus bases en ambos planos verticales paralelos entre sí, de diámetro 3 y altura del mismo 3?

- 1
- 2
- 3



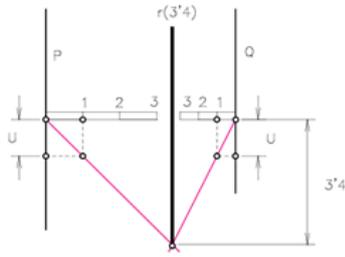
5. ¿Qué representa la recta r? Una recta cualquiera que ...

- está en el plano P y Q, a la vez y es paralela al plano del cuadro.
- está en el plano P y Q, a la vez y es perpendicular al plano del cuadro.
- está en el plano P y Q, a la vez y es oblicua.

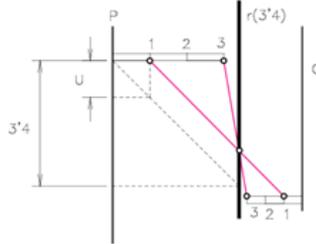


6. En las tres figuras r representa la recta intersección de los planos P y Q, ¿en cuál se acumula el agua caso de verterla en dichos planos P y Q porque los mismos se cortan de forma cóncava, (V)?

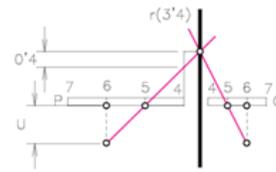
- 1
- 2
- 3



1



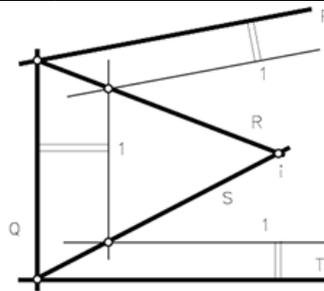
2



3

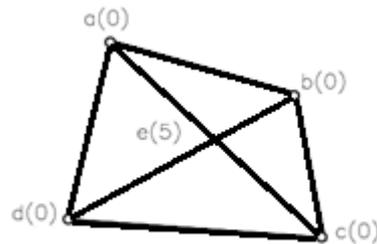
7. En esta representación ...

- Los tres planos P, Q y T tienen distinta pendiente.
- Q y T tienen la misma pendiente, pero P tiene diferente.
- Los tres planos P, Q y T tienen la misma pendiente.



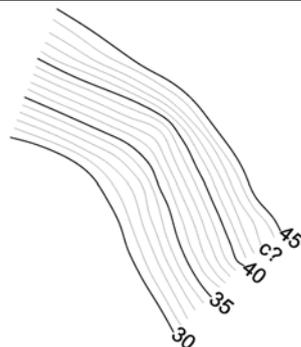
8. Esta figura representa...

- Una pirámide de base irregular.
- Un prisma irregular inclinado.
- Un polígono irregular.



9. ¿Cuál es la cota de la línea de nivel representada con la letra c?

- 43
- 42
- 44



10. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una vaguada en confluencia de dos vertientes?

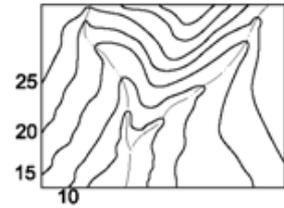
- 1
- 2
- 3



1



2



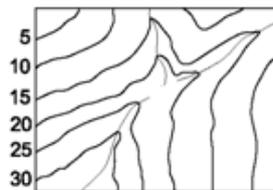
3

11. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una vaguada en confluencia de varias vertientes, (elemento de terreno que recoja el agua de dos cauces que confluyen en un punto)?

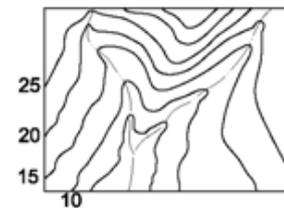
- 1
- 2
- 3



1



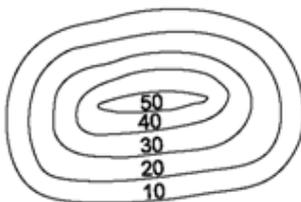
2



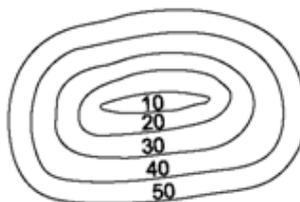
3

12. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una depresión del terreno sobre el nivel del mar?

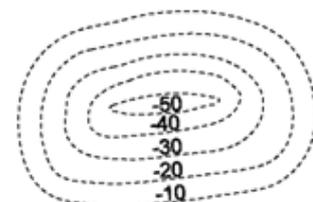
- 1
- 2
- 3



1



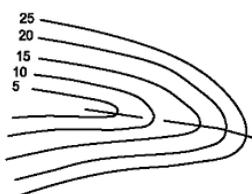
2



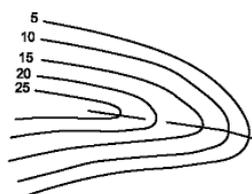
3

13. De los siguientes terrenos dibujados, ¿cuál representa una vaguada o elemento que recoge el agua de lluvia de dos vertientes diferentes?

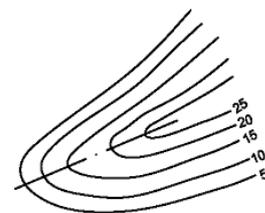
- 1
- 2
- 3



1



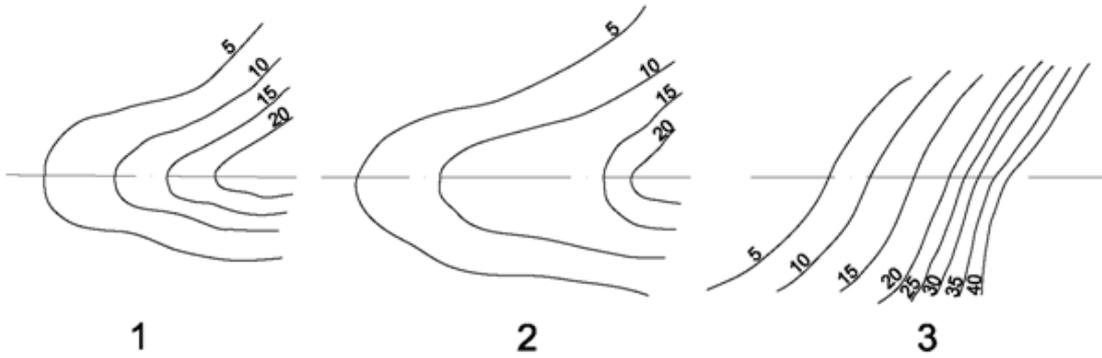
2



3

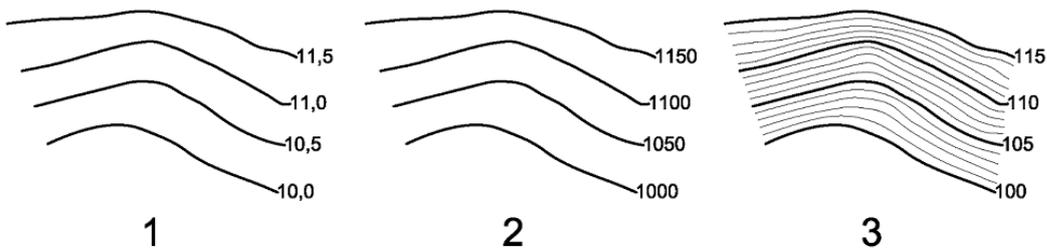
14. De los siguientes terrenos representados, ¿cuál tiene mayor pendiente?

- 1
- 2
- 3



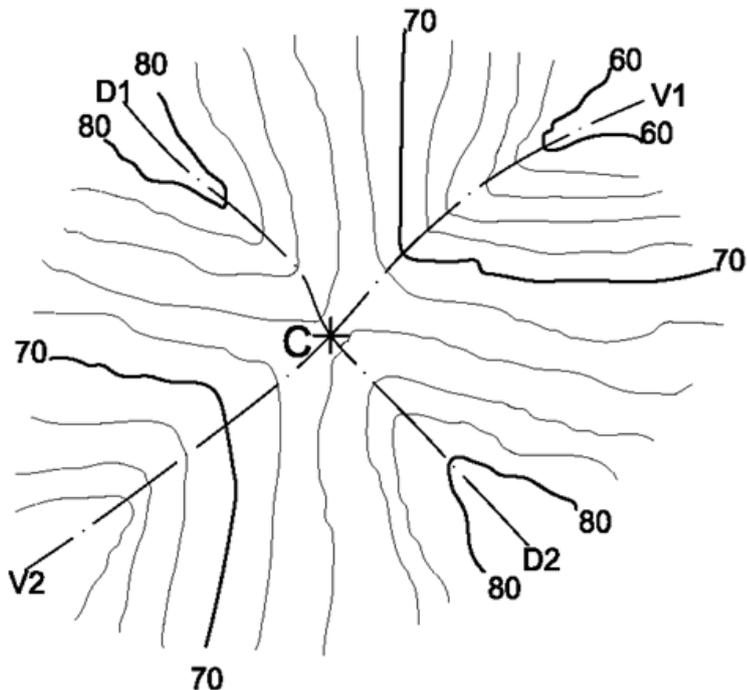
15. De los siguientes terrenos representados, ¿cuál tiene menor pendiente?

- 1
- 2
- 3



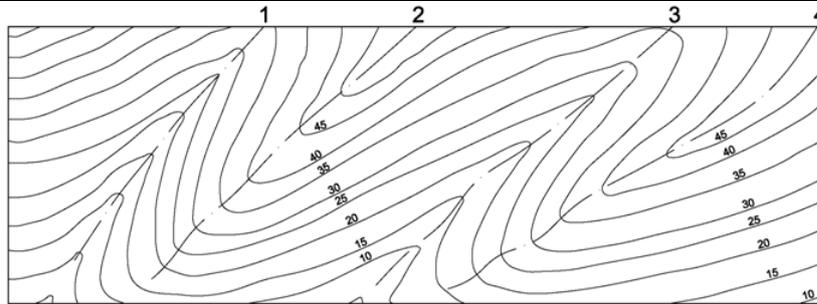
16. El punto C ...

- Es el punto menos elevado de toda la línea V1-V2.
- Es el punto menos elevado de toda la línea D1-D2.
- Es el punto menos elevado de toda la representación.



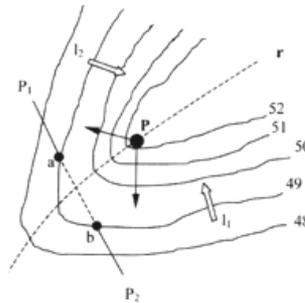
17. En el siguiente terreno representado, ¿cuáles de las siguientes líneas son vaguadas de las aguas, o líneas que recogen el agua de lluvia de dos pendientes diferentes?

- 1 y 3
- 2 y 4
- 1, 2, 3 y 4



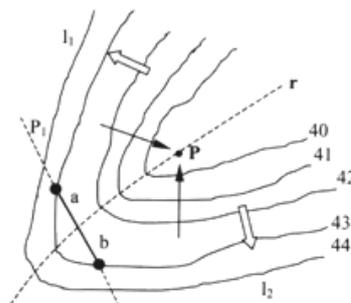
18. En la siguiente figura...

- el segmento ab esta exterior al terreno.
- el agua al caer se divide en dos pendientes.
- el agua de lluvia se recoge en la línea r.



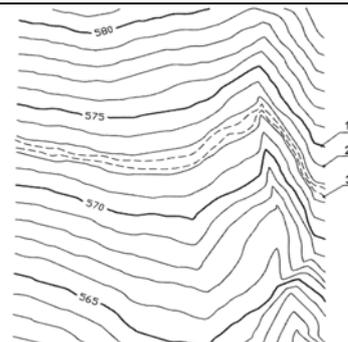
19. En la siguiente representación...

- El agua al caer se recoge en r.
- el segmento ab es interior al terreno.
- La línea r divide el agua hacia las dos laderas.



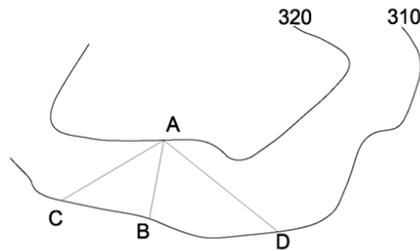
20. La curva de nivel directora es la indicada con...

- 1
- 2
- 3



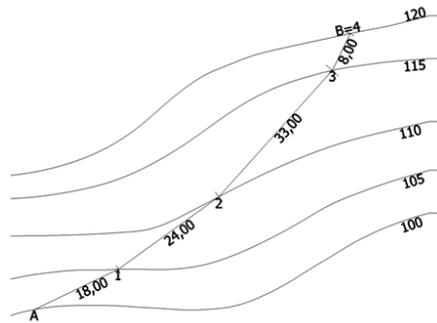
21. De las tres líneas representadas,...que línea representa la pendiente del terreno en A ...

- A-B
- A-C
- A-D



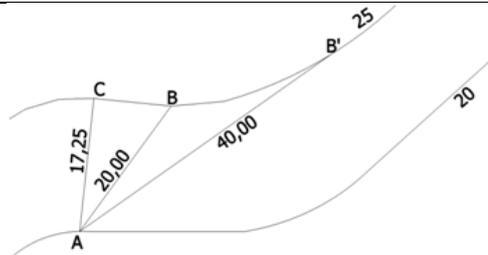
22. De los siguientes trazos... ¿Cuál tiene menor pendiente? (Las distancias indicadas son vistas en planta).

- 2-3
- A-1
- 3-B ó 3-4



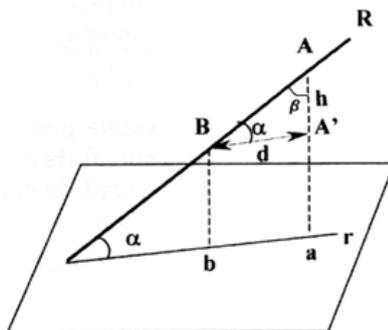
23. De los tres caminos... ¿Cuál tiene menor pendiente? (Las distancias indicadas son vistas en planta).

- A-B
- A-C
- A-B'



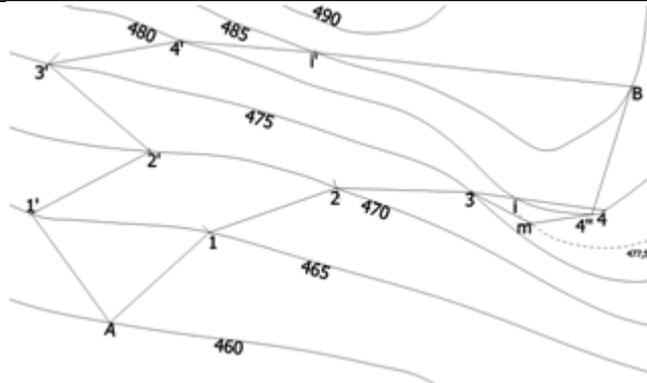
24. La pendiente de la recta R...

- Es $d/(A-B)$
- Es $d/(A-A')$
- Es h/d



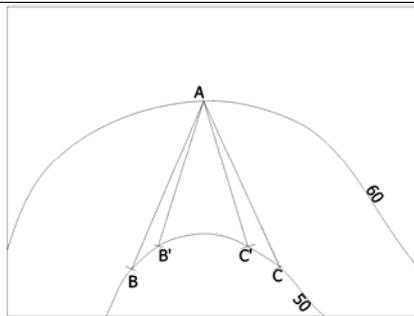
25. En el camino.....

- A-1-2-3-i-4-B. Todos los tramos tienen aproximadamente la misma pendiente.
- A-1'-2'-3'-4'-i'-B. Todos los tramos tienen aproximadamente la misma pendiente.
- A-1-2-3-m-4"-B. Todos los tramos tienen aproximadamente la misma pendiente.



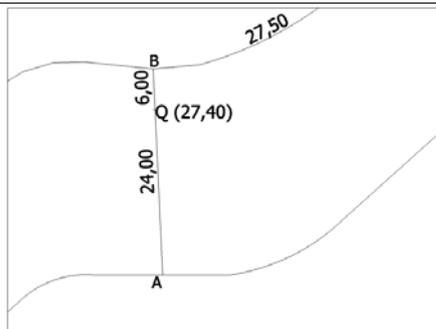
26. Identifica los trazos que tienen pendiente diferente. (Trazos simétricos)

- A-B' y A-C'
- A-B' y A-C
- A-B y A-C



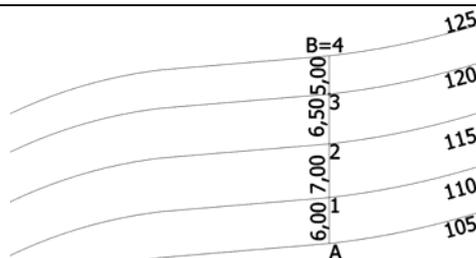
27. ¿Cuál es la cota de la línea de nivel que pasa por A, sabiendo que la cota de Q es 27,40? (Las longitudes indicadas en el dibujo están medidas en planta, en un plano horizontal)

- 28,00
- 26,50
- 27,00



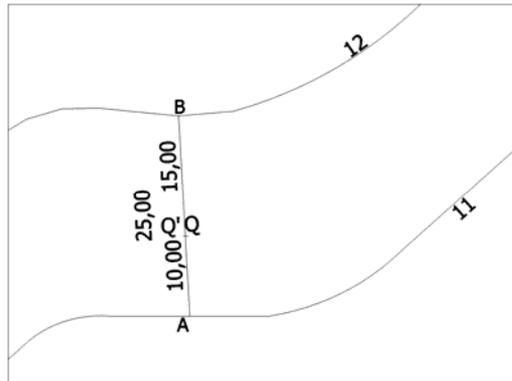
28. Sabiendo que las magnitudes indicadas están medidas en planta. La longitud del camino recorrido total para ir de A en la cota 105 a B = 4 en la cota 125 es.....

- 20,00
- 24,50.
- 31,68.

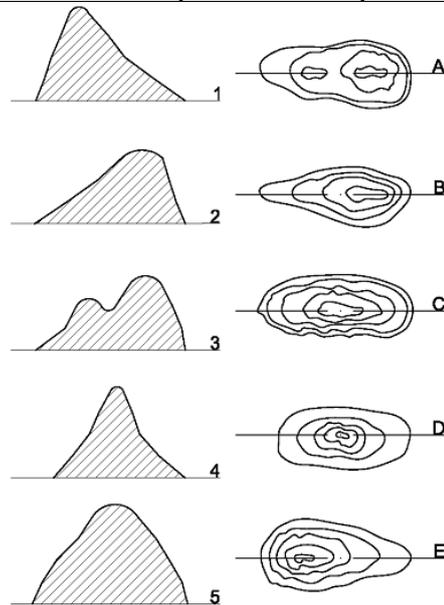


29. Según lo representado,... ¿Cuál puede ser la cota del punto P, sabiendo que las longitudes de las líneas AP, PB y AB en planta son las indicadas en el dibujo?

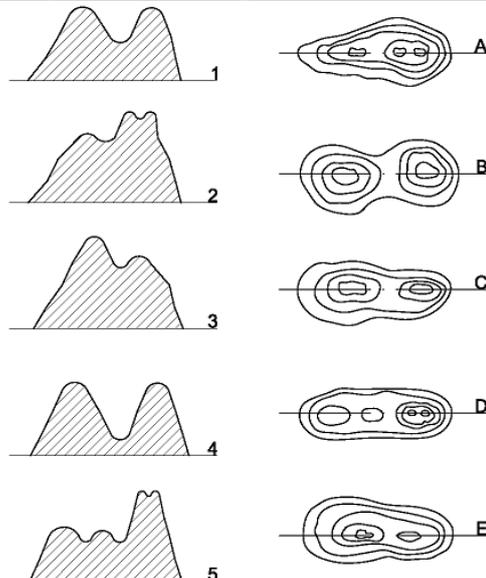
- 11,40
- 11,15
- 11,25



30. Empareja las figuras de la derecha con los perfiles de la izquierda.

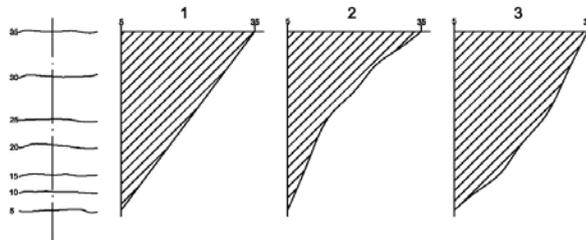


31. Empareja los perfiles de la izquierda con las figuras de la derecha.



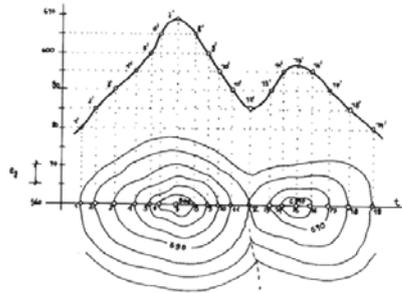
32. De los siguientes perfiles representados, ¿cuál es el que se corresponde con las líneas de nivel de la izquierda en la figura adjunta?

- 1
- 2
- 3



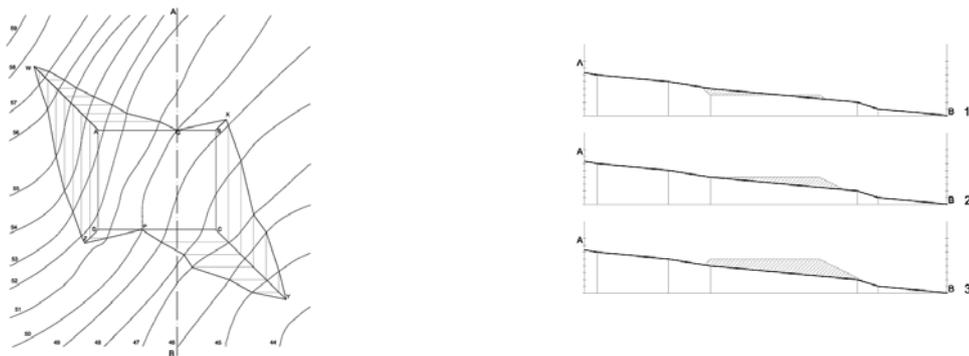
33. El dibujo representa...

- Una línea intersección del terreno con un plano paralelo al plano horizontal de proyección.
- Un perfil del terreno realizado con un plano oblicuo respecto del plano horizontal de proyección.
- El perfil del terreno por un collado.



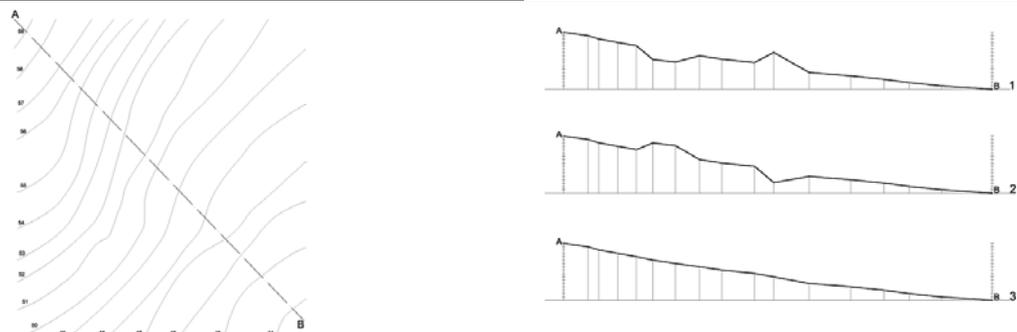
34. ¿Cuál de los siguientes perfiles crees que es el que mejor representa el perfil realizado por AB?

- 1
- 2
- 3

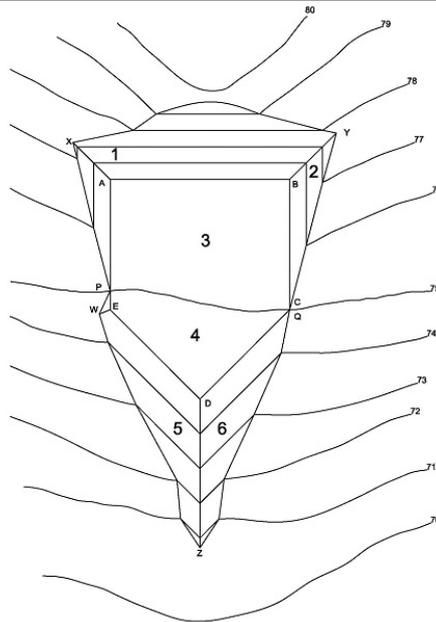


35. ¿Cuál de los siguientes perfiles crees que es el que mejor representa el perfil realizado por AB?

- 1
- 2
- 3



Las siguientes preguntas son sobre esta imagen:



36. ¿Cuál de estas zonas es plana y horizontal al final del movimiento de tierras?

- Zona 2
- Zona 4
- Zona 5

37. ¿Cuál de estas zonas es sometida a desmonte?

- Zona 2
- Zona 5
- Ninguna

38. ¿Cuál es la cota de la explanación?

- 75,00
- 76,00
- 77,00

39. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el desmonte en el movimiento de tierras representado?

- 80,26
- 71,29
- 79,74

40. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el terraplén en el movimiento de tierras representado?

- 70,72
- 80,26
- 71,29

41. Las líneas AE Y BC (BQ) respecto del terreno tras acabar el movimiento de tierras....

- Son perpendiculares respecto del terreno modificado.
- Son horizontales respecto del terreno modificado.
- Son inclinadas respecto del terreno modificado.

42. Las líneas DZ Y EW...

- Representan la intersección de los planos de desmonte con los de terraplén.
- Representan la intersección de los planos de desmonte entre sí.
- Representan la intersección de los planos de terraplén entre sí.

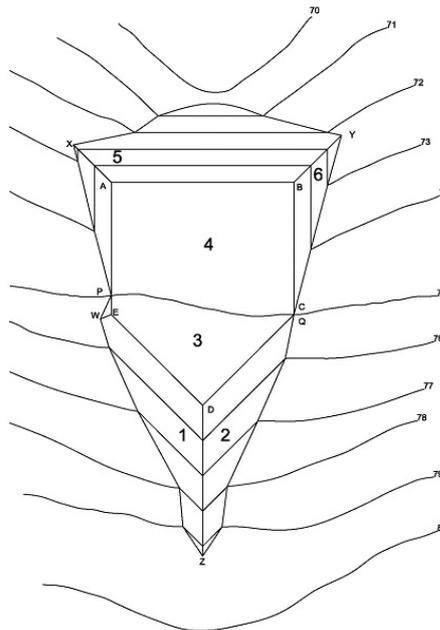
43. Las líneas paralelas a DC están más separadas entre sí que las líneas paralelas a AB....

- Porque el plano de desmonte tiene menos pendiente que el plano de terraplén.
- Porque el terreno original tiene menos pendiente que los planos de desmonte y terraplén.
- Porque el plano de terraplén tiene menos pendiente que el plano de desmonte.

44. Se desea minimizar el movimiento de tierras en esta parcela, ¿sería conveniente situar esta plataforma a una cota de 77,00 metros?

- No, habría mucho desmonte y poco terraplén.
- No, habría mucho terraplén y poco desmonte.
- Sí, puesto que estarían compensados los desmontes y los terraplenes.

Las siguientes preguntas son sobre esta imagen:



45. ¿Cuál de estas zonas es plana y horizontal al final del movimiento de tierras?

- Zona 5
- Zona 4
- Zona 2

46. ¿Cuál de estas zonas es sometida a desmonte?

- Zona 5
- Zona 2
- Ninguna

47. ¿Cuál es la cota de la explanación?

- 76,00
- 77,00
- 75,00

48. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el desmonte en el movimiento de tierras representado?

- 79,28
- 80,72
- 70,74

49. ¿Hasta qué cota llega aproximadamente el terraplén en el movimiento de tierras representado?

- 71,74
- 79,72
- 70,26

50. Las líneas AE Y BC (BQ) respecto del terreno tras acabar el movimiento de tierras....

- Son perpendiculares respecto del terreno modificado.
- Son horizontales respecto del terreno modificado.
- Son inclinadas respecto del terreno modificado.

51. Las líneas DZ Y EW...

- Representan la intersección de los planos de desmonte con los de terraplén.
- Representan la intersección de los planos de desmonte entre sí.
- Representan la intersección de los planos de terraplén entre sí.

52. Las líneas paralelas a DC están más separadas entre sí que las líneas paralelas a AB....

- Porque el plano de desmonte tiene menos pendiente que el plano de terraplén.
- Porque el plano de terraplén tiene menos pendiente que el plano de desmonte.
- Porque el terreno original tiene menos pendiente que los planos de desmonte y terraplén.

53. Se desea minimizar el movimiento de tierras en esta parcela, ¿sería conveniente situar esta plataforma a una cota de 76,00 metros?

- Si, puesto que estarían compensados los desmontes y los terraplenes.
- No, habría mucho desmonte y poco terraplén.
- No, habría mucho terraplén y poco desmonte.

54. Empareja cada elemento con su definición....

- | | |
|---------------|---|
| • Pendiente | • Poner llano un terreno, suelo, etc. |
| • Talud | • Inclínación del paramento de un muro o terreno. |
| • Explanar | • Llenar de tierra un vacío o hueco. |
| • Terraplenar | • Rebajar un terreno. |
| • Desmontar | • Inclínado, en declive. |

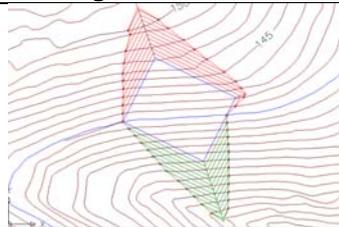
55. Podrías calcular el módulo del talud 3/2 ...

- 1,50
- 1,6666667
- 0,6666667

56. Podrías calcular el módulo del talud. 60%....

- 1,6666667
- 1,50
- 0,6666667

Las siguientes preguntas son sobre esta imagen:



57. Si la línea azul determina los límites de una plataforma. Sabiendo que la cota elegida para poner la misma ha sido +140,00. Determinar....

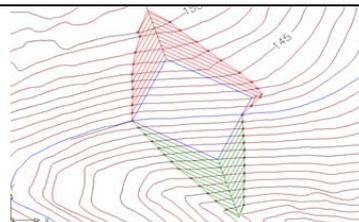
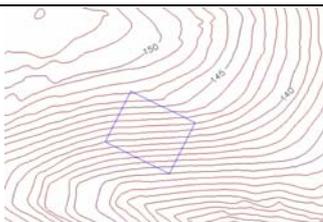
- Lo verde es desmote.
- Lo rojo es desmonte.
- Lo rojo está plano.

58. Si la línea azul determina los límites de una plataforma. Sabiendo que la cota elegida para poner la misma ha sido +140,00. Determinar....

- Lo verde está plano.
- Lo verde es terraplén.
- Lo rojo es terraplén.

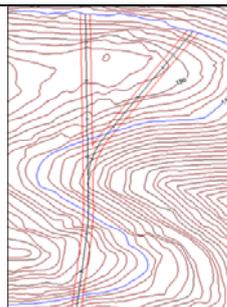
59. Si la línea azul determina los límites de una plataforma situada a la cota +140,00, con taludes de desmonte y terraplén 1/1. Sabrías realizar el dibujo del movimiento de tierras....es decir, obtener el dibujo de debajo (derecha), partiendo del de arriba con los datos indicados.....

- No.
- Si.



60. Si la línea roja determina los límites de una futura vía, plana, a +145,00, sabrías determinar que parte de la misma va a estar sometida a terraplén.

- La parte inferior de la vía en la imagen.
- La parte superior de la vía en la imagen.
- La parte central de la vía en la imagen



Anexo 10 Cuestionario FP BLA-Laddering

Ha sido contestado por los grupos en estudio a lo largo del tiempo.

BLA BIPOLAR LADDERING - ASPECTOS POSITIVOS RESEÑABLES (+)

1. Enumera **AL MENOS 3 ASPECTOS** que consideras reseñable de la experiencia, señalando lo que **MÁS** te haya gustado de las prácticas llevadas a cabo.
 - Descríbelo con una sola palabra o una oración corta.
 - Valora la importancia de dicho elemento del 0 al 10.
 - Explica tu puntuación.

PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN

BLA BIPOLAR LADDERING- ASPECTOS NEGATIVOS RESEÑABLES (-)

2. Enumera **AL MENOS 3 ASPECTOS** que consideras reseñable de la experiencia, señalando lo que **MENOS** te haya gustado de las prácticas llevadas a cabo.
 - Descríbelo con una sola palabra o una oración corta.
 - Valora la importancia de dicho elemento del 0 al 10.
 - Explica tu puntuación.

PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN

Anexo 11 Cuestionario FP Usabilidad

I. USABILIDAD GENERAL

1. Valoración de la Usabilidad del curso (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
U01	El curso ofrece un contenido útil.					
U02	El curso me ha ayudado a comprender mejor el concepto de líneas de nivel de un plano.					
U03	El curso me ha ayudado a comprender mejor las formas del terreno a partir de su representación en líneas de nivel en 2D.					
U04	Ahora comprendo mejor la representación del relieve tanto en 2D como en 3D.					
U05	La Herramienta de visualización en 3D me ayuda a interpretar lo representado en un mapa.					
U06	Ahora comprendo mejor los conceptos de pendiente, módulo y talud.					
U07	Ahora comprendo mejor el concepto de desmonte, terraplén y movimiento de tierras.					
U08	Creo que el curso ha mejorado mi capacidad para interpretar un plano topográfico.					
U09	Creo que el curso ha mejorado mi capacidad para realizar un plano topográfico.					
U10	Creo que el curso ha mejorado mis habilidades espaciales.					
U11	Creo que es una potente herramienta para mi desarrollo como estudiante.					
U12	¿Recomendarías este curso a otros compañeros?					
U13	En términos generales: estoy satisfecho con el curso.					

II. METODOLOGÍA DE CLASE

1. Señala como preferirías que se realicen las explicaciones en clase: (Marca todas las respuestas que quieras)	SÍ/NO
• De viva voz sin dibujos	
• Fotografías/imágenes de presentaciones	
• Con dibujos en la pizarra 2D	
• Con dibujos en la pizarra en perspectiva	
• Con modelos 3D SKP	
• Con modelos 3D RAF	
• Con modelos 3D RAM	
• Con modelos PDF3D	

2. Para entender la representación 2D utilizada en clase y en los ejercicios lo que más claro para comprenderlos ha sido:			
<ul style="list-style-type: none"> • Explicaciones del profesor • Con dibujos 2D en la pizarra • Con modelos 3D SKP • Con modelos 3D RAF • Con modelos 3D RAM • Con modelos PDF3D • Con Maquetas 			
3. Señala como preferirías realizar los ejercicios: (Marca sólo una respuesta)	En papel	En formato digital	Es indiferente
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los ejercicios 			
4. Señala como preferirías realizar los ejercicios: (Marca sólo una respuesta)	Sin Modelos 3D	Con Modelos 3D	Es indiferente
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los ejercicios 			
5. ¿Recomendarías el uso de Modelos 3D para explicar los ejercicios de la asignatura para cursos próximos?	SÍ/NO		
<ul style="list-style-type: none"> • Da la recomendación: 			
EXPLICACIÓN			

Anexo 12 Valoración general del uso de los Modelos 3D en FP

Ha sido contestado por todos los grupos en el tiempo, ya que en el mismo se pretende la valoración de los modelos, usados por dicho grupo, y de las herramientas para visualizarlos.

I. VALORACIÓN CON EL USO DE LOS MODELOS 3D EN GENERAL

1. Valoración general de la experiencia con los modelos 3D (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
VG01	Con los modelos 3D, ningún contenido adicional era necesario mientras estudiaba. Se entiende sin necesidad de aclaraciones por parte del profesor.					
VG02	Con la representación 3D y con el manejo de los modelos es más fácil de entender los conceptos relacionados.					
VG03	Todo me queda muy claro cuando veo los modelos 3D, para poder realizar los problemas planteados.					
VG04	Los modelos 3D me han ayudado, en casa a realizar o entender los ejercicios de representación en Expresión Gráfica usándolo por mí mismo.					
VG05	El uso de los modelos 3D hacen más interesante, divertido y atrayente la tarea a realizar, que si no lo hubiera usado.					
VG06	Los modelos 3D me va a ayudar a la realización de un mejor examen, que si no lo hubiera usado					
VG07	La incorporación de nuevas tecnologías como el uso de modelos 3D en las prácticas de la asignatura ha sido una propuesta interesante.					

II. VALORACIÓN PARTICULAR DE CADA UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN

1. Valoración particular de cada una de las herramientas de visualización (SKP, RAF, RAM) (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
VP01	Visualización adecuada de las figuras 3D sin problemas de definición: la apariencia del material y la calidad de los gráficos de los modelos 3D está muy bien.					
VP02	La visualización es estable. (No se congela).					
VP03	Ninguna imagen parpadea, no se produce "saltos de imagen", al manipular los objetos virtuales.					
VP04	Es rápida. Se ve en la imagen lo que deseo al instante. No hay retardo en la pantalla de la imagen virtual.					
VP05	Es fácil, cómodo, familiar, al manejar el modelo 3D para aprender.					
VP06	El tamaño era adecuado para visualizar lo que deseaba. El formato de los modelos era el correcto.					
VP07	Me deja las manos libres para realizar el ejercicio a la vez que lo visualizo. Me permite observar el elemento y realizar el ejercicio a la vez.					
VP08	Puedo ver las distintas vistas rápidamente.					
VP09	La tecnología de modelos 3D usada parece útil.					

(*) Contestado 3 veces: una vez por cada una de las herramientas de visualización utilizadas.

2. Respecto de lo observado con todos los modelos usados en clase, has visto alguna diferencia notable entre la representación 3D presentada por RA, PDF3D o en SKP	SÍ/NO
<ul style="list-style-type: none"> • Diferencia observada 	
EXPLICACIÓN	

Anexo 13 Cuestionario UMA Perfil del Alumnado

I. DATOS ESTADÍSTICOS					
1. Sexo					SÍ/NO
• Hombre					
• Mujer					
2. Edad					
• <20					
• 21-25					
• 26-30					
• 31-40					
• >40					
3. Formas de acceso a los estudios universitarios					
• Bachillerato Científico Tecnológico					
• Bachillerato de CC.SS.					
• Bachillerato de Arte					
• Ciclo formativo de Grado Superior					
• Prueba de Acceso					
4. Que estabas haciendo el curso anterior:					
• Bachillerato					
• Un curso universitario					
• Ciclo formativo de Grado Superior					
• Otras					
5. ¿Has cursado la asignatura de dibujo técnico anteriormente?					
6. ¿Has asistido al curso preparatorio sobre dibujo técnico que se ha realizado en la Universidad?					
7. ¿Estás dispuesto a mejorar tu nivel de conocimiento en la Expresión Gráfica?					
8. Nº Matrícula / Repetidor					
• Primera Matrícula					
• Repetidor					
II. TICs					
9. Señala qué tipo de Tecnologías de la Información (TICs) tienes: (Marca todas las que creas convenientes) (Sí/No)					SÍ/NO
• Ordenador de Mesa					
• PC Portátil					
• Smartphone					
• Acceso personal a Internet					
• Tablet					
• MP3/MP4					
• Consola					
• Cámara digital					
10. Señala las TICs que usas y con qué frecuencia:					
	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• Ordenador de Mesa					
• PC Portátil					
• Smartphone					
• Acceso personal a Internet					
• Tablet					
• MP3/MP4					
• Consola					
• Cámara digital					

11. Señala desde cuando usas las TICs:	No lo utilizo	0-6 Meses	6-12 Meses	1-2 años	>2 años
• Ordenador de Mesa					
• PC Portátil					
• Smartphone					
• Acceso personal a Internet					
• Tablet					
• MP3/MP4					
• Consola					
• Cámara digital					

III. PC/PORTÁTIL Y APLICACIONES

12. Indica dónde sueles usar el ordenador y con qué frecuencia:	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• En casa					
• En el Ciber					
• En el Trabajo					
• En la Universidad					
• En lugares de Ocio					
13. Indica qué tipo de software o programas sabes utilizar y con qué nivel:	No sé usarlo	Nivel Bajo	Nivel Medio	Nivel Medio-Alto	Nivel Alto
• Sistema Operativo					
• Textos					
• Tablas					
• Presentaciones / Ponencias					
• Internet					
• Software Educativo					
• Diseño Gráfico					
14. Indica el uso diario que haces de las TICs:	<1 Hora	1-2 Horas	2-4 Horas	4-8 Horas	>8 Horas
• Uso diario del Ordenador					
• Conexión diaria a Internet					

IV. MÓVILES

SÍ/NO

15. ¿Es tu móvil 3G?

16. ¿Posee una Pantalla mayor que 3'5 pulgadas?

17. ¿Qué opciones del teléfono móvil utilizas?	Nunca	Poco	A menudo	Bastante	Mucho
• Internet					
• SMS					
• MMS					
• Whatsapp					
• Apps					
• Música					
• Videos					
• Cámara					

V. INTERNET, REDES SOCIALES Y OTRAS HERRAMIENTAS

18. ¿Qué dispositivo utilizas para conectarte a Internet normalmente?	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• Ordenador de mesa					
• PC portátil					
• Teléfono móvil					
• Tablet					
• Consolas					
19. Indica dónde te sueles conectar a Internet y con qué frecuencia:	No lo utilizo	1-2 / Mes	1 / semana	2-3 / semana	A diario
• En casa					
• En un ciber					
• En el trabajo					
• En el centro de estudios					
• Móvil personal					
• Otras Wi-Fi					

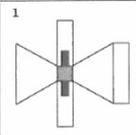
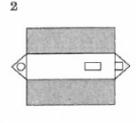
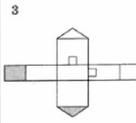
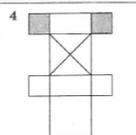
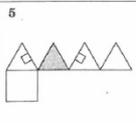
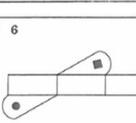
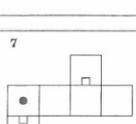
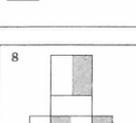
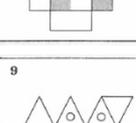
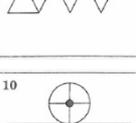
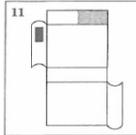
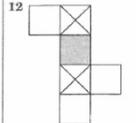
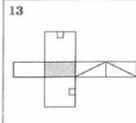
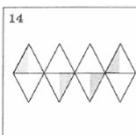
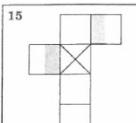
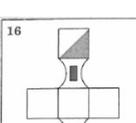
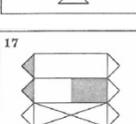
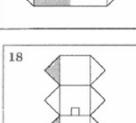
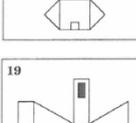
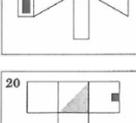
VI. REALIDAD AMPLIADA	SÍ/NO				
20. ¿Sabías qué era la Realidad Aumentada antes de comenzar estos estudios?					
21. ¿Cómo has conocido la Realidad Aumentada? (marca todas las que creas convenientes)					
• Profesor					
• Publicidad					
• Internet					
• Amigos					
22. ¿Crees que puede ser útil en tus estudios?					
23. ¿Crees que aplicar la Realidad Aumentada puede mejorar tus presentaciones?					
24. ¿Crees que la Realidad Aumentada será complicada en su aplicación?					
25. ¿Crees que la Realidad Aumentada puede ser una limitación para el usuario final?					
26. ¿Has usado alguna vez algún dispositivo para visualizar objetos 3D?	Nunca	Rara vez	Alguna vez	Bastantes veces	Muchas veces
• En cualquier lugar					

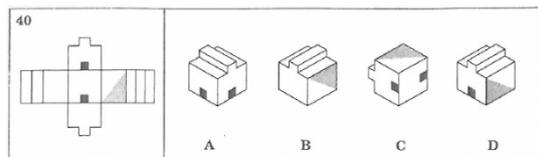
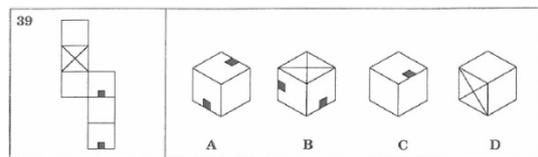
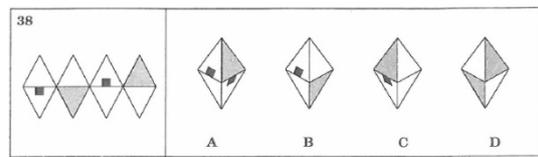
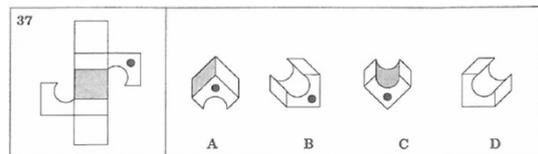
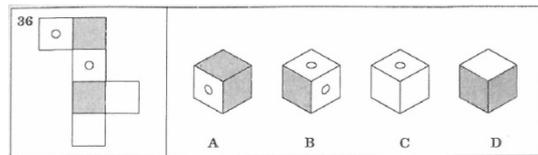
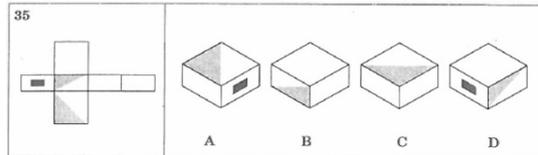
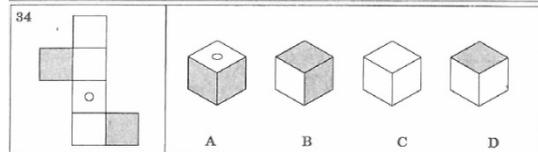
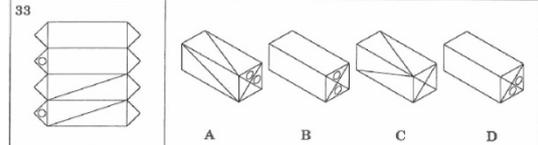
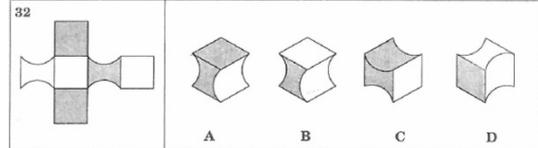
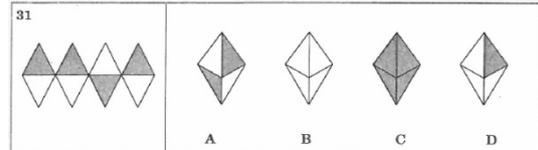
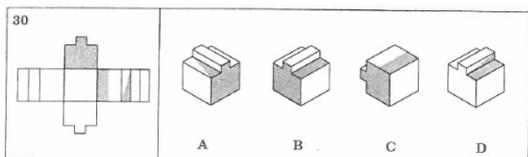
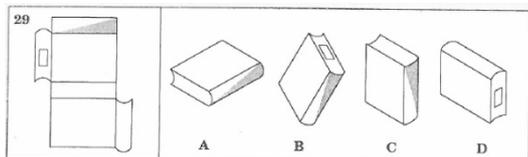
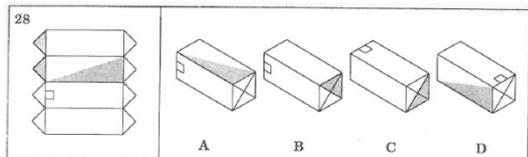
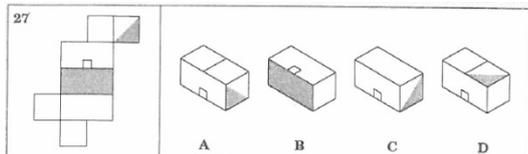
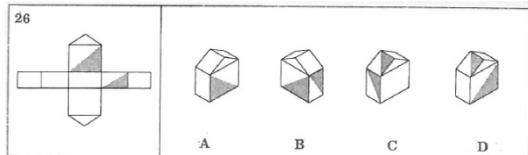
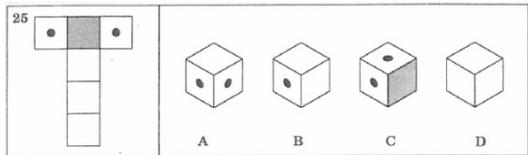
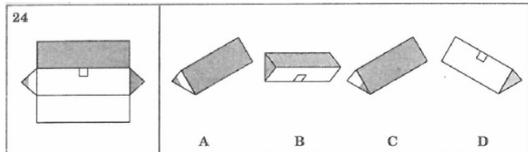
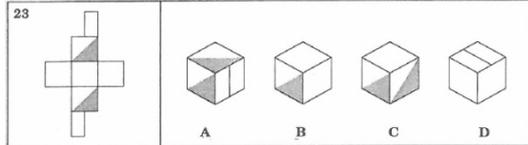
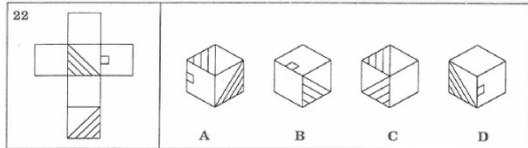
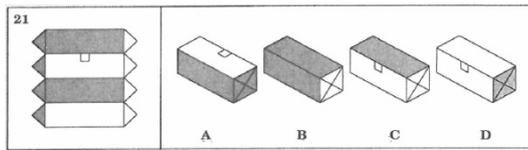
VII. EXPRESIÓN GRÁFICA versus MATEMÁTICAS		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
27. De las siguientes frases valora como te sientes identificado/a:						
EM01	Poseo gran habilidad para interpretar los dibujos técnicos en general.					
EM02	Me agradan las asignaturas donde el dibujo es una parte importante.					
EM03	Domino con gran soltura el sistema Diédrico de representación.					
EM04	Dispongo de capacidad para dibujar con el sistema Axonométrico de representación: Isométrico y perspectiva Caballera.					
EM05	Soy hábil para interpretar dibujos realizados con el sistema de planos acotados.					
EM06	Tengo grandes conocimientos sobre trigonometría y ángulos.					
EM07	Me agradan las asignaturas donde las Matemáticas es una parte importante.					
EM08	Domino con gran soltura las escalas de representación.					
EM09	Resuelvo con facilidad las ecuaciones.					
EM10	Las Matemáticas son mi fuerte.					
EM11	La parte matemática de los dibujos me parece más fácil de entender que la parte gráfica.					

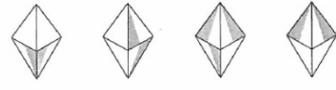
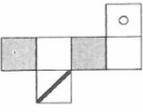
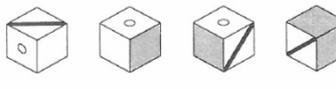
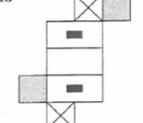
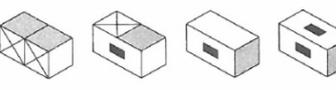
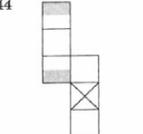
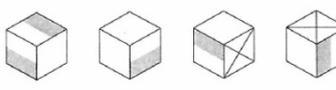
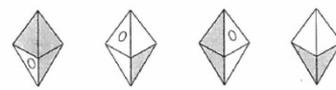
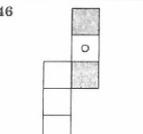
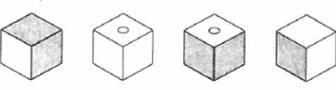
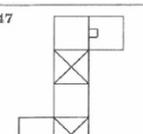
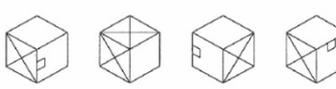
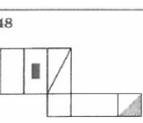
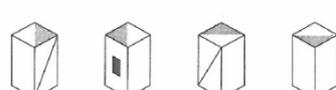
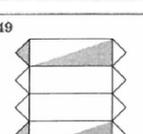
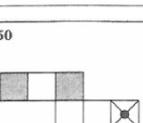
Anexo 14 Cuestionario UMA DAT-5 SR NIVEL 2

Ha sido contestado por ambos grupos GC y GX, dos veces. Dos cuestionarios similares uno previo a la experiencia y otro posterior a la misma. [323]

La prueba consta de 50 cuestiones, en las que se representa el desarrollo de un elemento volumétrico con áreas dibujadas. Junto a los mismos se exponen cuatro figuras de modelos en 3D. Se tiene que descubrir cuál de esos modelos tridimensionales es el que se puede formar a partir del desarrollo primitivo. Sólo hay una posible solución.

1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					



<p>41</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>42</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>43</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>44</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>45</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>46</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>47</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>48</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>49</p> 	 <p>A B C D</p>
<p>50</p> 	 <p>A B C D</p>

Anexo 15 Cuestionario UMA Cuestionario ARCS

Ha sido contestado por ambos grupos GC y GX, cuestionarios similares la diferencia se encuentra en que al haber utilizado el GX los modelos 3D, se ha añadido entre corchetes algo a las frases.

ARCS	Valora cómo te sientes identificado con las siguientes frases:	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
N	CUESTIÓN					
1	La tarea [con los modelos 3D] puede atraer mi interés desde el principio					
2	Los contenidos estudiados [con los modelos 3D] son muy parecidos a los problemas existentes en entornos reales					
3	[Gracias a los modelos 3D] tengo la impresión de que la asignatura la puedo recordar fácilmente después de las explicaciones en clase, incluso por primera vez					
4	Estoy más interesado en la Expresión Gráfica y el diseño ahora que ha acabado el curso [usando los modelos 3D]					
5	Las partes de la asignatura explicadas [con modelos 3D] me parecen notables					
6	El contenido [de los modelos 3D] es muy práctico para mí					
7	Los contenidos de la asignatura [vistos en 3D] han sido fáciles para mí					
8	Me siento satisfecho cuando logro terminar las prácticas [gracias a los modelos 3D]					
9	[Con los modelos 3D] he descubierto interesantes conocimientos en la asignatura					
10	Después de estudiar [con los modelos 3D], me doy cuenta de su importancia educativa					
11	[Con el material 3D] es fácil de estudiar					
12	Me gusta realizar las prácticas de la asignatura porque puedo estudiar autónomamente [gracias a los modelos 3D facilitados]					
13	[Los modelos 3D de] la asignatura captan mi atención					
14	El contenido [junto con los modelos 3D] es muy importante para comprender otras materias					
15	El material [3D] tiene una buena estructura organizativa y de diseño; por lo tanto, estoy seguro de que puedo dominarlo					
16	Me parece interesante estudiar la asignatura debido a su diseño [tridimensional elaborado]					
17	La asignatura es muy atractiva [gracias a los modelos 3D]					
18	El contenido [y diseño 3D] del material me dan ganas de estudiarlo					
19	[Debido al uso de los modelos 3D] estoy seguro de que puedo conseguir una puntuación alta en el examen					
20	Estoy contento de haber completado con éxito las prácticas del curso [gracias a los modelos 3D]					

(*) [Entre corchetes] Parte de la frase sólo incluida en la encuesta del GX.

(**) Para más información: <http://arcsmodel.com>

Anexo 16 Cuestionario UMA BLA-Laddering

Ha sido contestado por ambos grupos GC y GX, cuestionarios similares la diferencia se encuentra en que al haber utilizado el GX los modelos 3D, en algunas de las preguntas se aumenta el número de opciones para contestar. Cuando se da esta circunstancia se ha colocado en el presente anexo las opciones de respuesta en dos columnas, la primera la correspondiente al GC y la segunda al GX, éstas últimas se encuentran en *cursiva*.

BLA BIPOLAR LADDERING - ASPECTOS POSITIVOS RESEÑABLES (+)

3. Enumera **AL MENOS 3 ASPECTOS** que consideras reseñable de la experiencia, señalando lo que **MÁS** te haya gustado de las prácticas llevadas a cabo.

- Descríbelo con una sola palabra o una oración corta.
- Valora la importancia de dicho elemento del 0 al 10.
- Explica tu puntuación.

PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN

BLA BIPOLAR LADDERING - ASPECTOS NEGATIVOS RESEÑABLES (-)

4. Enumera **AL MENOS 3 ASPECTOS** que consideras reseñable de la experiencia, señalando lo que **MENOS** te haya gustado de las prácticas llevadas a cabo.

- Descríbelo con una sola palabra o una oración corta.
- Valora la importancia de dicho elemento del 0 al 10.
- Explica tu puntuación.

PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN

Anexo 17 Cuestionario UMA Usabilidad

I. USABILIDAD GENERAL

1. Valoración de la Usabilidad del curso (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
U01	El curso ofrece un contenido eficiente para la realización de las tareas propuestas.					
U02	El curso me ha ayudado a comprender mejor los conceptos de la asignatura.					
U03	Ahora comprendo mejor la representación de elementos tanto en 2D como en 3D.					
U04	El curso me ayuda a interpretar lo representado en 2D.					
U05	El curso ha mejorado mi capacidad para interpretar un plano o ejercicios en 2D.					
U06	El curso ha mejorado mi capacidad para realizar un plano o ejercicio en 2D.					
U07	Creo que el curso ha mejorado mis habilidades espaciales.					
U08	El curso es una potente herramienta para mi desarrollo como estudiante.					
U09	¿Recomendarías el uso del curso a otros compañeros?					
U10	En términos generales: estoy satisfecho con el curso. (Valoración: 1-10)					

II. METODOLOGÍA DE CLASE

1. Señala como preferirías que se realicen las explicaciones en clase: (Marca todas las respuestas que quieras)	SÍ/NO			
<ul style="list-style-type: none"> De viva voz sin dibujos Fotografías/imágenes de presentaciones Con dibujos en la pizarra 2D Con dibujos en la pizarra en perspectiva Con modelos 3D [SKP] Con modelos 3D [RA] 				
2. Para entender la representación 2D utilizada en clase y en los ejercicios lo que más claro para comprenderlos ha sido: <ul style="list-style-type: none"> Explicaciones del profesor Con dibujos 2D [Con modelos 3D SKP] [Con modelos 3D RA] 				
3. Métodos para aclarar dudas sobre las distintas posibilidades: (Sólo es posible una respuesta)	Perspectivas en pizarra	Me es indiferente	[Modelos 3D, SKP]	[Modelos 3D, RA]
<ul style="list-style-type: none"> Métodos 3D. 				
4. Señala como preferirías que se presenten los apuntes y realizar los ejercicios: (Sólo una respuesta)	En papel	En formato digital	Es indiferente	
<ul style="list-style-type: none"> Presentación de apuntes Realizar los ejercicios 				
5. Señala como preferirías que se presenten los apuntes y realizar los ejercicios: (Marca sólo una respuesta)	Sin Modelos 3D	Con Modelos 3D	Es indiferente	
<ul style="list-style-type: none"> Presentación de apuntes Realizar los ejercicios 				

6. ¿Recomendarías el uso de Modelos 3D para explicar los ejercicios de la asignatura de Expresión Gráfica para cursos próximos?	SÍ/NO
• Da la recomendación:	
EXPLICACIÓN	

(*) [Entre corchetes] Parte de la frase sólo incluida en la encuesta del GX.

Anexo 18 Valoración general del uso de los Modelos 3D en UMA

Ha sido contestado por el grupo GX, ya que en el mismo se pretende la valoración de los modelos, usados por dicho grupo, y de las herramientas para visualizarlos.

I. VALORACIÓN CON EL USO DE LOS MODELOS 3D EN GENERAL

1. Valoración general de la experiencia con los modelos 3D (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
VG01	Con los modelos 3D, ningún contenido adicional era necesario mientras estudiaba. Se entiende sin necesidad de aclaraciones por parte del profesor.					
VG02	Con la representación 3D y con el manejo de los modelos es más fácil de entender los conceptos relacionados.					
VG03	Todo me queda muy claro cuando veo los modelos 3D, para poder realizar los problemas planteados.					
VG04	Los modelos 3D me han ayudado, en casa a realizar o entender los ejercicios de representación en Expresión Gráfica usándolo por mí mismo.					
VG05	El uso de los modelos 3D hacen más interesante, divertido y atrayente la tarea a realizar, que si no lo hubiera usado.					
VG06	Los modelos 3D me van a ayudar a la realización de un mejor examen.					
VG07	La incorporación de nuevas tecnologías como el uso de modelos 3D en las prácticas de la asignatura ha sido una propuesta interesante.					

(*) Contestado una sola vez

II. VALORACIÓN PARTICULAR DE CADA UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN

1. Valoración particular de cada una de las herramientas de visualización (SKP, RAF, RAM) (1 : Muy en desacuerdo 5: Completamente de acuerdo)		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Bastante de acuerdo	Completamente de acuerdo
VP01	Visualización adecuada de las figuras 3D sin problemas de definición: la apariencia del material y la calidad de los gráficos de los modelos 3D está muy bien.					
VP02	La visualización es estable. (No se congela).					
VP03	Ninguna imagen parpadea, no se produce "saltos de imagen", al manipular los objetos virtuales.					
VP04	Es rápida. Se ve en la imagen lo que deseo al instante. No hay retardo en la pantalla de la imagen virtual.					
VP05	Es fácil, cómodo, familiar, al manejar el modelo 3D para aprender.					
VP06	El tamaño era adecuado para visualizar lo que deseaba. El formato de los modelos era el correcto.					
VP07	Me deja las manos libres para realizar el ejercicio a la vez que lo visualizo. Me permite observar el elemento y realizar el ejercicio a la vez.					
VP08	Puedo ver las distintas vistas rápidamente.					
VP09	La tecnología de modelos 3D usada parece útil.					

(*) Contestado 3 veces: una vez por cada una de las herramientas de visualización utilizadas.

2. Respecto de lo observado con todos los modelos usados en clase, has visto alguna diferencia notable entre la representación 3D presentada por RA o en SKP	SÍ/NO
<ul style="list-style-type: none"> Diferencia observada 	
EXPLICACIÓN	

III. COMPARATIVA ENTRE TODOS LOS RECURSOS USADOS

1. Valora de una manera general de los medios usados para exponer el material de cada tema en clase... (Di el número del 1 al 10)	NÚMERO 1-10
<ul style="list-style-type: none"> Pizarra Imágenes en presentaciones Modelos 3D 	
2. Valora de una manera general la capacidad de comunicación de los modelos 3D en los diferentes temas de la asignatura ... (Di el número del 1 al 10)	NÚMERO 1-10
<ul style="list-style-type: none"> Sistema Diédrico Perspectivas Caballera y Axonométrico Sistema de planos acotados (Terrenos y Cubiertas) 	

Anexo 19 Prácticas FP

Concepto de líneas de nivel

Para la comprensión del concepto de las líneas de nivel. Fig. 219.



Fig. 219 Práctica concepto de las líneas de nivel

Plano de líneas de nivel en conjunto

Entre el grupo de los alumnos del curso y con la ayuda de un modelo tridimensional se ha realizado un plano de curvas de nivel de una zona. Para ello, se ha dividido una nube de puntos de dicha zona en varias subzonas, cada alumno se ha quedado con una de ellas y ha realizado las líneas de nivel de dicha subzona, para finalmente unir todas esas subzonas, con el fin de obtener las líneas de nivel del conjunto de manera grupal y con la ayuda del modelo tridimensional del conjunto. Fig. 220.



Fig. 220 Plano de líneas de nivel en grupo

Formas básicas del terreno para comprender las formas complejas

Siguiendo con las líneas de nivel. Estos son algunos de los modelos digitales mostrados en clase para comprender el concepto de las líneas de nivel. Se refieren a formas simples y complicadas. Comprendiendo las primeras, entender las segundas es fácil. Fig. 221.

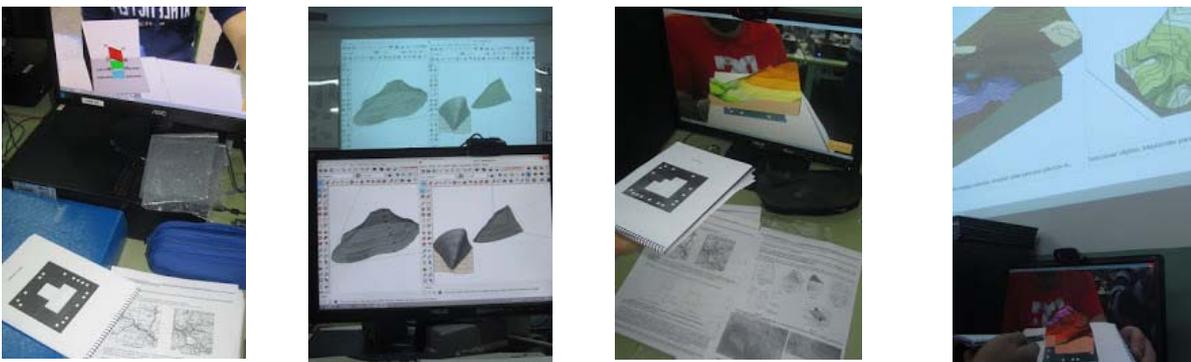


Fig. 221 Formas de terreno simples para comprender otras más complejas

Aplicaciones de las curvas de nivel

El trabajo con las líneas de nivel conlleva el tratamiento de conceptos sencillos pero abstractos como pendiente, inclinación, intervalo,..... Los modelos tridimensionales permiten una mayor visualización de las formas del terreno desde su básica representación plana hasta tener su visión espacial. Los cálculos asociados son así más comprensibles. Fig. 222.



Fig. 222 Deducción de elementos abstractos matemáticos asociados

Realización y diseño de una vía

Para realizar el diseño de un vial en un topográfico facilitado se ha aportado un modelo tridimensional, el cual ha ayudado a la comprensión del mismo, al igual que ha asistido a los alumnos en la realización de los perfiles longitudinales y transversales del terreno. Fig. 223.

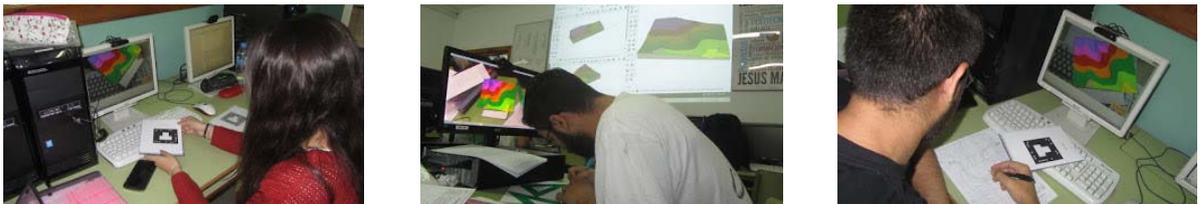


Fig. 223 Realización de una vía. Perfiles longitudinal y transversales

Visualización de planos topográficos en estado actual

Lectura de las curvas de nivel de un entorno cercano al centro. Un parque que tiene una laguna en su interior. Se observan los modelos digitales y la maqueta 3D impresa obtenida a partir de los mismos. También se observa la modelización de los mismos sin texturas en la imagen inferior. Fig. 224.



Fig. 224 Visualización de topográficos cercanos

Estudio de las tipologías de edificios

Introducción al urbanismo. Presentación de la tipología constructiva de los edificios según el P.G.O.U. vigente, que si bien se refiere a normativa local, es extrapolable a otro municipio cualquiera. Se han presentado en diferentes fichas, las distintas tipologías de

edificios según su representación en la normativa municipal, con el plano del lugar, la foto aérea y el marcador donde visualizar el elemento en RA. El fin que se pretende es distinguir las características morfológicas de los edificios que componen dicha tipología, para posteriormente, definir los parámetros urbanísticos que definen los edificios que la componen. Fig. 225.

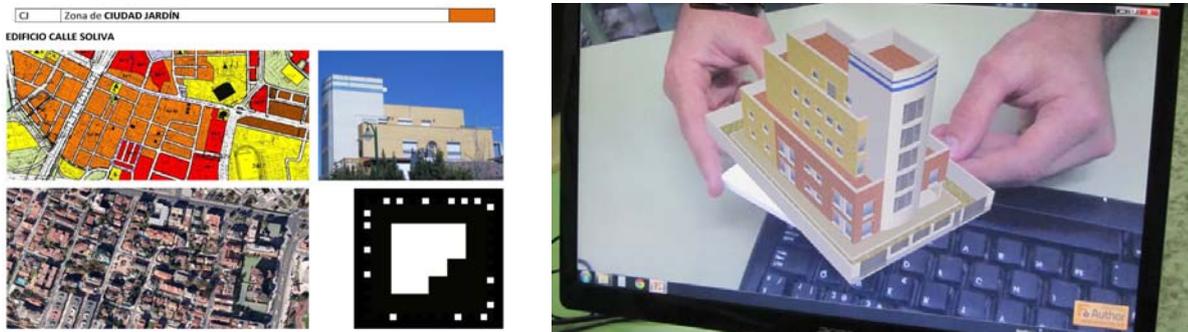


Fig. 225 Estudio de tipologías de edificios

Parámetros urbanísticos

Para una mayor comprensión de los parámetros urbanísticos se muestran los mismos utilizando la tecnología de Realidad Aumentada, más concretamente con modelos que muestran a qué se refieren los mismos, para así realizar más tarde los cálculos de reparto de edificabilidades en parcelas urbanas y en el desarrollo del plan parcial a llevar a cabo. Fig. 226.



Fig. 226 Representación de parámetros urbanísticos

Transformación de terrenos urbanizables en urbanos

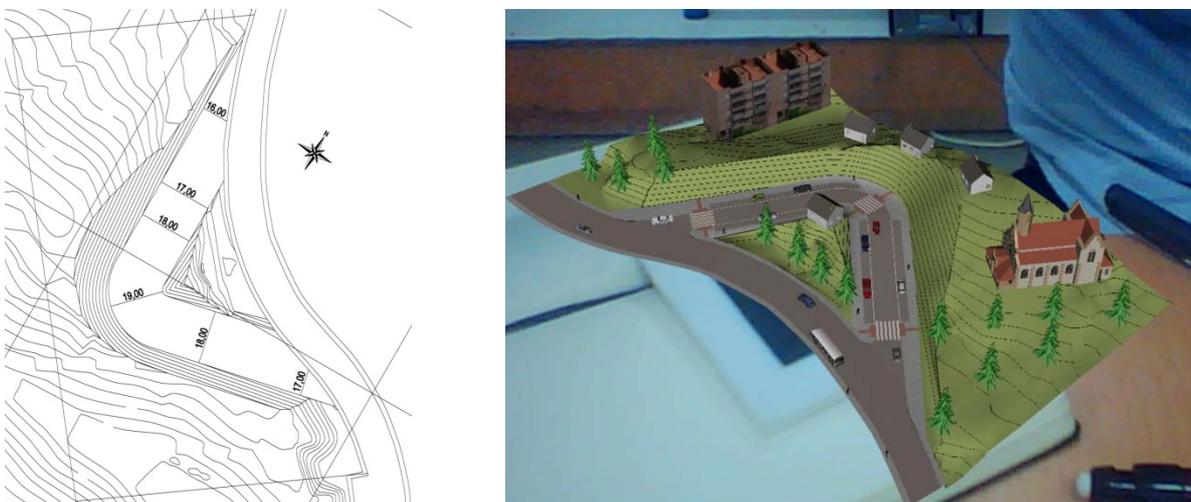


Fig. 227 Diseño de vial en 3D. Topográfico modificado en Realidad Aumentada

Este proceso es el que va a demostrar el dominio de los alumnos de las líneas de nivel y que posteriormente se va a utilizar en la presentación de proyectos.

En la imagen de la izquierda se puede observar la representación de un terreno en el que se ha diseñado un vial utilizando líneas de nivel. En la de la derecha se muestra el mismo terreno utilizando la RA, donde puede apreciarse claramente el volumen espacial que ocupa el mismo, los desniveles y la representación de su resultado final tras la realización de la futura obra planteada. Fig. 227.

Anexo 20 Prácticas Expresión Gráfica en UMA

1^{er} día. Primera práctica de CAD

Presentación del programa Autocad y utilización de los comandos básicos. No se realiza ninguna aportación 3D ni de los programas a utilizar para manejarlos. Dibujos lineales sencillos. Cajetín. Formato. Comandos básicos.

2^o día. Segunda práctica de CAD

Se realiza una explicación de la investigación que se va a llevar a cabo, en que va a consistir, los objetivos que se pretenden, test que se les va requerir que contesten, así como los elementos facilitados, (enlaces de programas, guías, marcadores y archivos (*.SKP, *.atx, *.atm), así como el funcionamiento de los programas. Fig. 228.

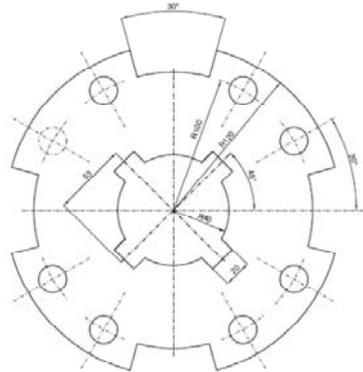
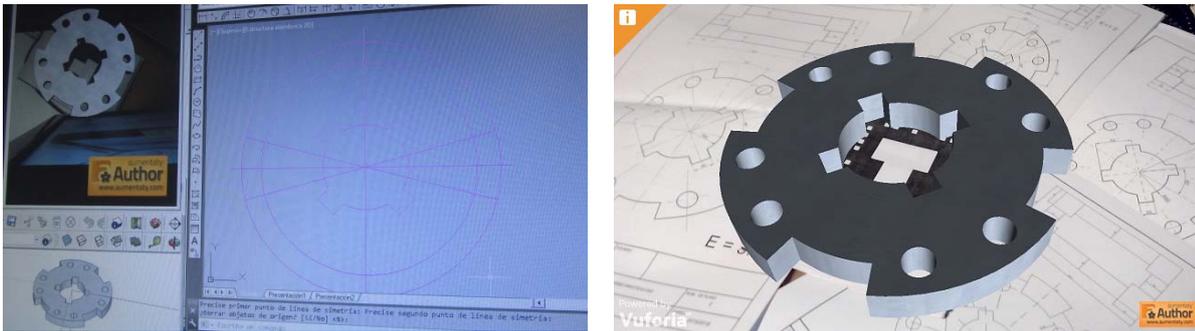


Fig. 228 Práctica Autocad nº2

3^o día. Tercera práctica de CAD

Se realizan la práctica correspondiente. (Realización de dibujo con distintas vistas). Fig. 229.



Fig. 229 Práctica Autocad nº3

7º día. Diédrico 2

Ángulos y operaciones con subplanos. Fig. 233.

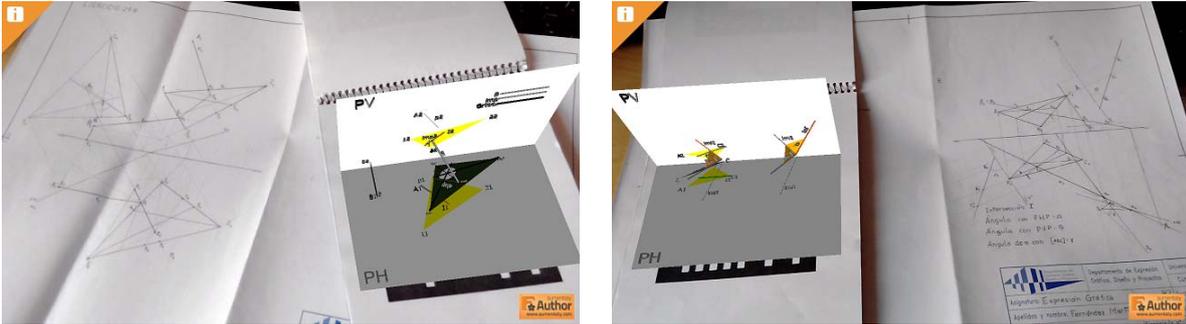


Fig. 233 Práctica nº7

8º día. Diédrico 3

Cuerpos geométricos. Fig. 234.

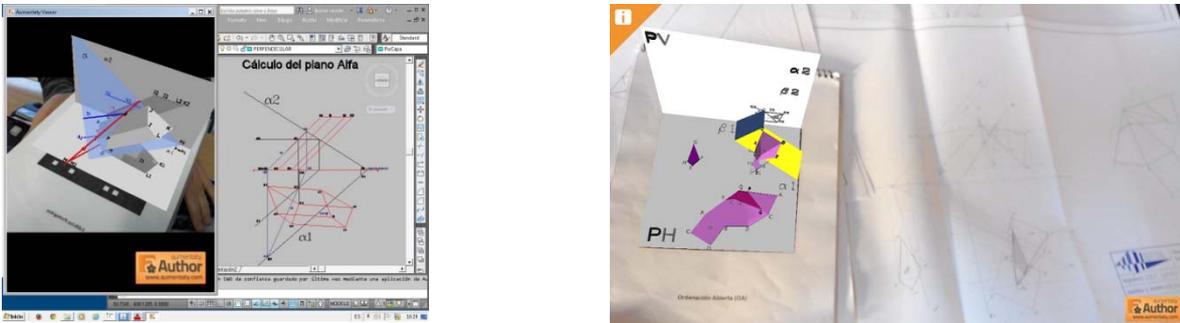


Fig. 234 Práctica nº8

9º día. Isométrico

Práctica en sistema isométrico. Fig. 235.

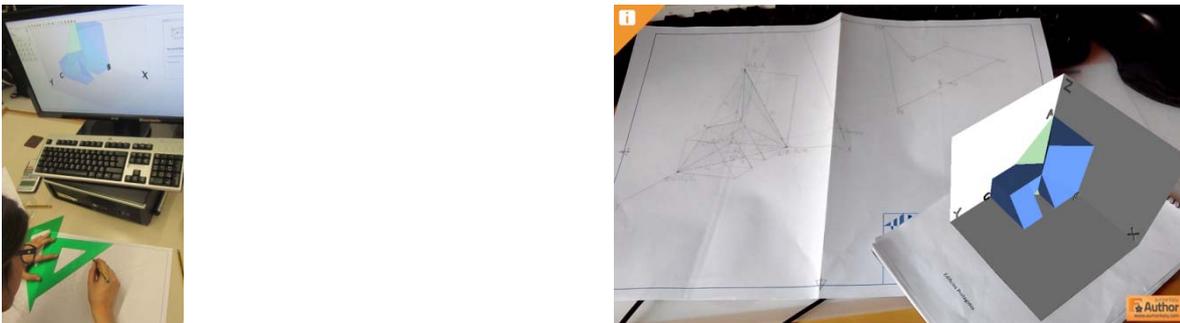


Fig. 235 Práctica nº9

10º día. Caballera

Práctica en geometría caballera. Fig. 236.

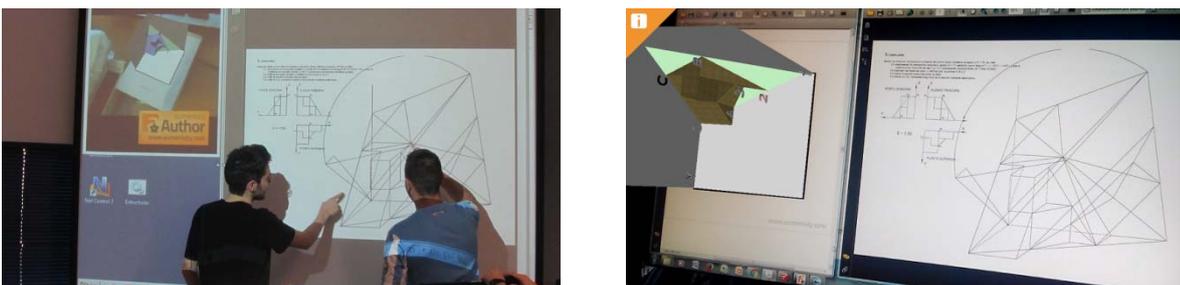


Fig. 236 Práctica nº10

Anexo 21 Obtención de modelos 3D de terrenos

Se ha realizado un dossier para observar el proceso desde el dibujo en CAD y a partir del 2D y levantarlo a 3D. En SketchUp, importar el dibujo anterior. Para obtención de los modelos de los terrenos. Fig. 238.

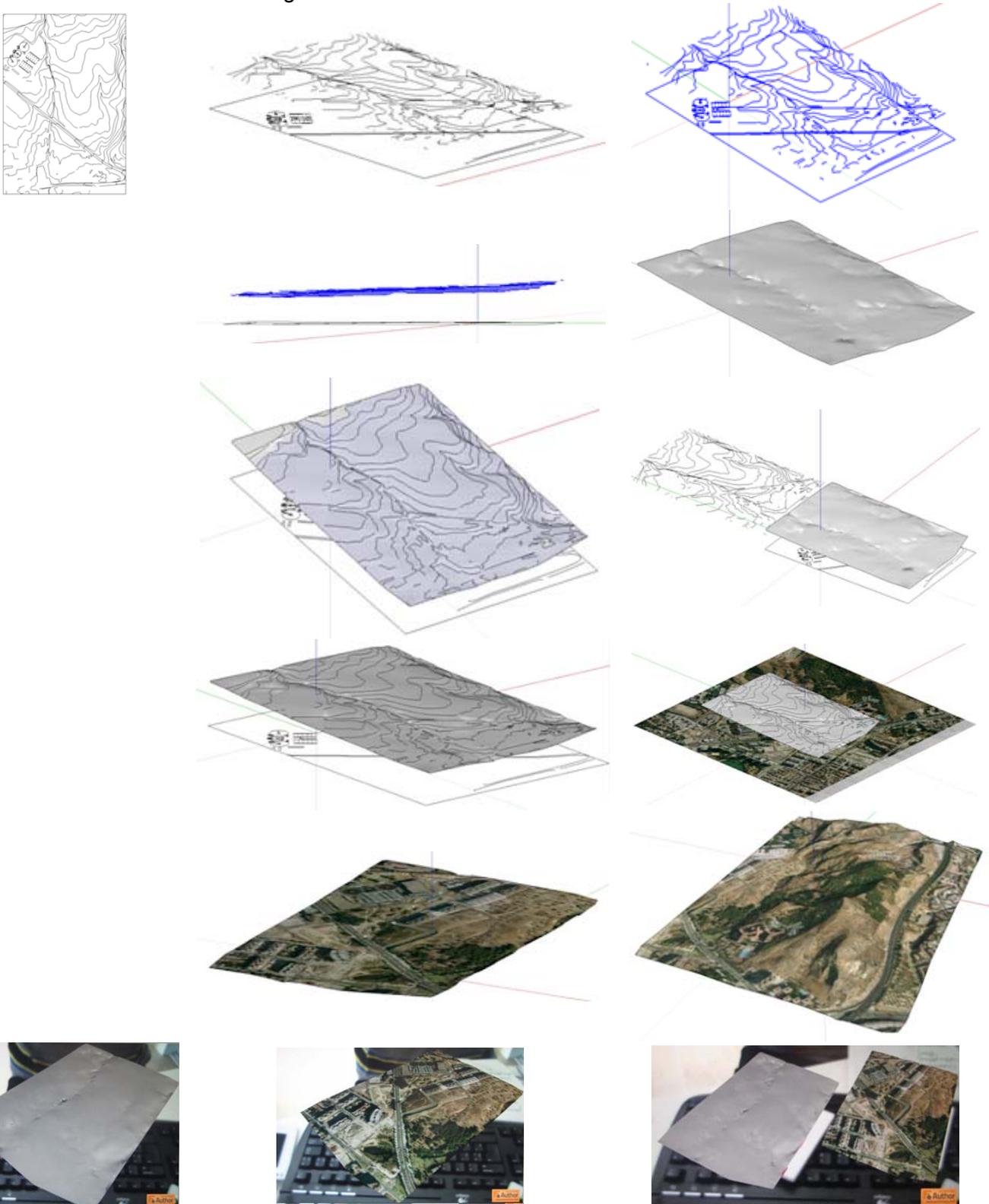


Fig. 238 Obtención de modelos 3D de terrenos



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

PROGRAMA DE DOCTORADO: INGENIERIA DE PLANTAS AGROINDUSTRIALES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO GRÁFICO

**LA ENSEÑANZA DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA MEDIANTE LA
VISUALIZACIÓN DE MODELOS TRIDIMENSIONALES**

FRANCISCO JAVIER AYALA ÁLVAREZ

Ingeniero Técnico Industrial
Arquitecto Técnico