

J. Martín Gutiérrez



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

TESIS DOCTORAL

Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería.

Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería.

Vol. I



Jorge Martín Gutiérrez

Directores:

Dr. D. Manuel Contero González

Dr. D. José Luis Saorín Pérez

Valencia, Marzo 2010



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

TESIS DOCTORAL Vol.I

DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA GRÁFICA



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GRÁFICA

TESIS DOCTORAL

ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE CONTENIDOS DIDÁCTICOS
EN EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES ESPACIALES
EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA.

Presentada por:

D. Jorge Martín Gutiérrez

Dirigida por :

Dr. D. Manuel Contero González

Dr. D. José Luis Saorín Pérez

MARZO 2010

Volumen I

“Los seres humanos están capacitados para el amplio desarrollo de su inteligencia, apoyados en sus capacidades y su motivación”

Howard Gagner

Agradecimientos

A Jose Luis Saorín,
por introducirme en esta línea de investigación.

A Manuel Contero,
que ha sido un magnífico guía para enseñarme el método científico e investigador, un buen director y una persona muy cercana que con sus palabras y consejos me ha hecho más ameno el trabajo.

A Nuria Aleixos,
por su acogida y amabilidad durante mis estancias en el Dpto. de Ingeniería Gráfica. Agradecido por sus consejos y experiencias.

A Fco. Albert Gil,
por poner a disposición de esta tesis la aplicación Diedro 3D y por los ánimos que me ha dado.

A Mariano Alcañiz,
por mostrarme un camino a seguir con la tecnología de Realidad Aumentada.

Al equipo de LabHuman,
por el excelente trabajo que han aportado a esta tesis.

A mis compañeros del Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de La Laguna,
por permitirme realizar las experiencias con sus alumnos, por el esfuerzo personal que algunos han dedicado para que yo pudiera dedicar tiempo a este trabajo, a todos mil gracias.

A los revisores externos de la tesis,
por sus sugerencias de mejora.

A mi familia y mis amigos,
Por sobrellevar mi ausencia, os he tenido abandonados en estos años, espero recuperar el tiempo perdido

A Jose.

Índice de contenidos

VOLUMEN I

Agradecimientos.....	i
Índice de Contenidos	v
Índice de Figuras	xi
Índice de Tablas.....	xv
Lista de Abreviaturas	xvii
Resumen de la Tesis	xix

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 CONSIDERACIONES SOBRE LOS TÉRMINOS REFERENTES A CAPACIDAD ESPACIAL UTILIZADOS EN ESTA TESIS.	4
1.3 ADAPTACIÓN AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.....	6
1.3.1. Proceso de cambio en el sistema educativo universitario.....	6
1.3.2. La capacidad espacial en el marco Europeo de Educación Superior.	7
1.3.3. Ingeniería Gráfica en los nuevos planes de estudios.....	8
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	11
1.5 CONTEXTO DE LA TESIS.....	13
1.6 OBJETIVOS	15
1.7 METODOLOGÍA, HIPÓTESIS Y PLAN DE TRABAJO.....	16
1.7.1. Planificación.....	18
1.7.2. Límites de la investigación.....	19
1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	20
1.9 CONTRIBUCIONES APORTADAS Y RESULTADOS.....	22
1.10 ARTÍCULOS, PONENCIAS EN CONGRESOS Y DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.11 PARTICIPACION EN PROYECTOS DE INVESTIGACION.....	26
1.12 COLABORACIONES.....	27
1.13 TRABAJOS CITADOS CAPÍTULO 1.....	28

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	31
BLOQUE 1. ESTADO DEL ARTE HABILIDADES ESPACIALES.....	35
2.1 ORIGEN Y DEFINICIÓN DE LA INTELIGENCIA.....	37
2.1.1. Consideraciones sobre el Cerebro.....	37
2.1.2. El inicio de los test mentales.....	39
2.1.3. Test de inteligencia en Estados Unidos.....	41
2.1.4. En busca de la definición de inteligencia.....	43
2.2 INTELIGENCIA Y HABILIDAD ESPACIAL.....	48
2.3 ESTRUCTURA DE LA HABILIDAD ESPACIAL.....	52
2.4 MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	54
2.5 IMPORTANCIA DE LA HABILIDAD ESPACIAL.....	57
2.6 DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL.....	58
2.7 MEJORA DE LA CAPACIDAD ESPACIAL.....	59
2.8 GÉNERO Y CAPACIDAD ESPACIAL.....	61
2.9 HABILIDADES ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE INGENIERÍA.....	66
2.9.1 Referencias de la capacidad espacial en el ámbito de la Ingeniería Gráfica.....	68
2.10 EFECTO DE LAS HABILIDADES ESPACIALES EN EL ÉXITO ACADÉMICO.....	72
BLOQUE 2. HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	75
2.11 ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	77
2.11.1 Efecto del uso de los videojuegos en la adquisición de las habilidades espaciales.....	89
2.11.2 Herramientas web para el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la Ingeniería Gráfica.....	92
2.12 ESTRATEGIAS UTILIZADAS EN LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES.....	98
BLOQUE 3. EXPRESIÓN GRÁFICA EN EL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL.....	101
2.13 LOS ESTUDIOS DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN EL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL.....	103
2.13.1 Revisión de los programas de Expresión Gráfica en las titulaciones de Ingeniería.....	106
2.14 MEJORA DE LA ENSEÑANZA EN EXPRESIÓN GRÁFICA.....	107
2.15 ESTUDIOS DE HABILIDADES ESPACIALES EN EL AREA DE EXPRESIÓN GRÁFICA Y ENTORNO UNIVERSITARIO ESPAÑOL.....	109
2.16 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 2.....	111
 CAPÍTULO 3. RECOPIACIÓN Y TIPIFICACIÓN DEL MATERIAL UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.....	 125
3.1 INTRODUCCIÓN.....	127
3.2 DEFINICIÓN DE TAREAS ESPACIALES.....	128
3.3 ESTABLECIMIENTO DE CATEGORÍAS. TAXONOMÍA COGNITIVA DE BLOOM.....	129

3.4	RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE VIDEOJUEGOS EN RELACIÓN AL DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL.....	132
3.4.1	Recopilación de videojuegos para jugar en plataforma PC.....	132
3.4.2	Recopilación de videojuegos para jugar en plataforma Nintendo DS.....	138
3.4.3	Elección de videojuegos para realizar la experiencia.....	146
3.5	RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE ACTIVIDADES UTILIZADAS EN EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL PARA ADAPTARLAS A UN CURSO BASADO EN REALIDAD AUMENTADA.....	147
3.6	RECOPIACIÓN, SELECCIÓN Y TIPIFICACIÓN DE EJERCICIOS UTILIZADOS EN ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN RELACIÓN AL DESARROLLO DE HE.....	156
3.7	RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN CONTENIDOS BÁSICOS DE SISTEMA DIÉDRICO.....	165
3.8	TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 3.....	167

CAPÍTULO 4. ESTUDIOS EXPERIMENTALES. Desarrollo de la hab.

	espacial.....	169
4.1	INTRODUCCIÓN.....	171
4.1.1	Cursos realizados para desarrollar las habilidades espaciales.....	171
4.1.2	Cursos realizados en el año académico 2007/08.....	171
4.1.3	Cursos realizados en el año académico 2008/09.....	172
4.1.4	Instrumentos de medida.....	172
4.1.5	Población estudiada en 2008-09. Determinación del tamaño muestral.....	173
4.1.6	Planificación para el desarrollo de los cursos. (Año académico 2008-09).....	175
4.2	CURSOS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES CON VIDEOJUEGOS BASADOS EN PLATAFORMA PC Y NINTENDO DS.....	176
4.2.1	Propósito de estudio.....	176
4.2.2	Descripción de la población y muestra.....	176
4.2.3	Selección del videojuego y plataformas de juego.....	178
4.2.4	Detalles de los cursos.....	180
4.2.5	Análisis de la influencia del entrenamiento con videojuegos y tipo de plataforma en el desarrollo de las habilidades espaciales.....	183
	4.2.5.1 Análisis de la mejora consecuencia del entrenamiento con videojuegos.....	183
	4.2.5.2 Análisis de la mejora consecuencia del entrenamiento con videojuegos según tipo de plataforma.....	185
4.3	CURSOS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES BASADOS EN GEOMETRÍA DESCRIPTIVA.....	190
4.3.1	Propósito del estudio.....	190
4.3.2	Curso Diédrico tradicional (curso GD).....	191
	4.3.2.1 Materiales y contenidos didácticos.....	191
	4.3.2.2 Participantes.....	192
	4.3.2.3 Desarrollo del curso GD.....	192

4.3.3.	Curso Diédrico-Visualizador tridimensional (curso GD-3D).....	193
4.3.3.1.	<i>Materiales y contenidos didácticos.</i>	193
4.3.3.2.	<i>Participantes.</i>	195
4.3.3.3.	<i>Desarrollo del curso GD-3D.</i>	196
4.3.4.	Análisis del desarrollo de la HE en los cursos de Geometría Descriptiva.	197
4.3.4.1.	<i>Resultados sobre la medición de la capacidad espacial.</i>	197
4.3.4.2.	<i>Comparación de resultados entre cursos de diédrico y grupo de control. Influencia del factor género.</i>	200
4.4	CURSO DE DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL BASADO EN TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA.	205
4.4.1.	Propósito de estudio.	205
4.4.2.	Materiales y contenidos didácticos.	206
4.4.2.1.	<i>Desarrollo AR-Dehaes.</i>	206
4.4.2.2.	<i>Descripción del contenido didáctico.</i>	211
4.4.3.	Participantes.....	217
4.4.4.	Equipo y metodología.	218
4.4.5.	Análisis y resultados del entrenamiento con RA.....	219
4.5	CURSO DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES BASADO EN CROQUIZACIÓN DE EJERCICIOS SELECCIONADOS DE EXPRESIÓN GRÁFICA.	224
4.5.1.	Propósito de estudio.	224
4.5.2.	Materiales y contenido didáctico.....	224
4.5.3.	Participantes.....	225
4.5.4.	Desarrollo del curso.....	226
4.5.5.	Análisis y Resultados.....	228
4.5.6.	Comparación de resultados en función del tiempo de entrenamiento (10horas vs 14 horas).	232
4.6	TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 4.	235

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. Desarrollo de la habilidad espacial.	237
5.1 RANKING DE MEJORA DE LA CAPACIDAD ESPACIAL POR TIPO DE CURSO.	239
5.2 MODELOS DE REGRESIÓN PARA ESTIMAR EL RESULTADO POST-TEST.	243
5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS.	251
5.3.1 Comparación de resultados con otras experiencias desarrolladas en la Universidad de La Laguna.	251
5.3.2 Comparación de resultados con otros estudios.	253
5.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	256
5.5 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 5.	259

CAPÍTULO 6. ESTUDIOS EXPERIMENTALES. Usabilidad.....	263
6.1 INTRODUCCION.....	265
6.2 MEDIDAS DE USABILIDAD.....	266
6.3 ENCUESTAS DE USABILIDAD EN LOS CURSOS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES.....	269
6.4 RESULTADOS DE ESTUDIOS DE USABILIDAD EN LOS CURSOS DE DESARROLLO DE H.E.	273
6.4.1. Resultados de usabilidad en el curso de desarrollo de HE basado en RA.	273
6.4.2. Resultados de usabilidad en los curso de desarrollo de habilidades espaciales basados en SD y SD-3D.....	278
6.4.2.1. Encuesta Usabilidad de la aplicación DIEDRO-3D.....	284
6.4.3. Resultados de usabilidad en los curso de desarrollo de habilidades espaciales basados en Ejercicios Tradicionales de Expresión Gráfica.	287
6.5 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 6.....	292
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	295
7.1 INTRODUCCIÓN.....	297
7.1.1 Cumplimiento de los objetivos.....	297
7.2 CONCLUSIONES.....	299
7.3 DIRECTRICES SOBRE REALIDAD AUMENTADA.....	302
7.4 LÍNEAS FUTURAS.....	303
7.4.1 Líneas futuras en el ámbito de realidad aumentada.....	304
7.5 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 7.....	305
APÉNDICE.....	307
1. INTRODUCCIÓN.....	309
2. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	311
3. BREVE RECORRIDO HISTÓRICO.....	315
4. CAMPOS DE APLICACIÓN Y DESARROLLO.....	321
4.1. Tecnología RA con dispositivos móviles de mano.....	334
4.2. Libro Aumentado. (MAGICBOOK).....	336
5. SISTEMAS DE MARCAS.....	337
6. DISPLAYS VISUALES.....	340
6.1. Monitor y proyector.....	341
6.2. HDM y HUD.....	341
6.3. Dispositivos de mano. HHD.....	343
6.4. Tecnologías en desarrollo.....	344

7. SOFTWARE BASADO EN MARCAS FIDUCALES.....	347
7.1. ARToolkit.....	347
7.2. ArTag	348
7.3. OSGART.....	348
7.4. AMIRE.....	348
7.5. Studierstube.....	349
7.6. BuildAR.....	349
7.7. MXRtoolKit.....	350
7.8. HUMANAR.....	350
8. PARÁMETROS MATEMÁTICOS.....	350
8.1. Geometría de la cámara.....	350
8.2. Calibración de la cámara.....	354
a. Cálculo off line.....	354
b. Cálculo on-line.....	355
8.3. Estimación de la posición de la cámara.....	356
9. TRABAJOS CITADOS EN APÉNDICE.....	358

VOLUMEN II

Anexo 0. Instrucciones para la administración de los test de medición espacial e instrucciones para transformación de datos del test DAT:SR a DAT-5:SR

Anexo 1. Material didáctico del curso basado en Sistema Diédrico.

Anexo 2. Material didáctico del curso basado en Realidad Aumentada.

Anexo 3. Material didáctico del curso basado en croquización de ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

Anexo 4. Encuesta de perfil y características de los estudiantes.

Anexo 5. Encuestas de usabilidad y satisfacción de los cursos y aplicaciones.

Anexo 6. Pruebas evaluatorias de los cursos.

- Pruebas evaluatorias en el curso de croquización de ejercicios tradicionales de EG (formato Pruebas Acceso a la Universidad – PAU)
- Resultados prueba evaluatoria PAU.

Anexo 7. Medición de capacidad espacial en alumnos que acceden a titulaciones técnicas en la Universidad de La Laguna.

- Medición en curso académico 2007/08
- Medición en curso académico 2008/09

Anexo 8. Resultados de medición de capacidad espacial en cada curso.

Anexo 9. Resultados encuestas de satisfacción.

Índice de Figuras

Fig. 1. 1 Estructura de inteligencia y factor espacial.....	5
Fig. 1. 2 Contexto de la Tesis Doctoral.....	13
Fig. 1.3 Áreas de influencia en la tesis.....	14
Fig. 2.1 Funciones del cerebro. (fuente R.H. Trotter).....	37
Fig. 2.2 Imagen de la corteza cerebral. Fuente http://neurologiayneurocirugia.com	38
Fig. 2.3 Prueba Test Army Beta. Fuente http://www.holah.karoo.net/gouldstudy.htm	43
Fig. 2.4 Concepción de Capacidad espacial. Fuente (Sánchez Carlessi, 2003).....	51
Fig. 2.5 Subcomponentes y test de medida del factor espacial. Fuente (Saorín y otros, 2009).....	56
Fig. 2.6 Engineering Fundamental Newsletter - Michigan Tech.....	65
Fig. 2.7 Mery Blade. Fuente http://photography.si.edu/SearchImage.aspx?id=5745	69
Fig. 2.8 Estructura de la enseñanza universitaria en modelo EEES.....	105
Fig. 3.1 Esquema de trabajo para establecer tipología ejercicios.....	128
Fig. 3.2 Dominios del aprendizaje. Segun Bloom (1956).....	129
Fig. 3.3 La rueda de Bloom. Taxonomía cognitiva.....	131
Fig. 3.4 Esquema de organización de ejercicios por categorías y tareas.....	163
Fig 4. 1 Ejemplo de pregunta del test MRT (izq.) y del test DAT-5:SR (drcha.).....	173
Fig. 4. 2 Estudiantes realizando entrenamiento de HE con videojuegos.....	178
Fig.4. 3 Tetris Arena. Classic Mode (a), Tetris Revolution. Revolution Mode (b).....	181
Fig. 4. 4 Tetris Marathon (a) Táctil – Tower (b).....	182
Fig. 4. 5 Valor medio y SEM en las mediciones MRT y DAT.....	186
Fig.4. 6 Valores medios de Ganancia y SEM en cada uno de los cursos.....	189
Fig.4. 7 Ejemplo de una escena 3D y proyección ortogonal.....	193
Fig.4. 8 Rotación de la escena sobre ejes horizontal o vertical utilizando el ratón y proyección ortogonal.....	194
Fig.4. 9 Escenas de un ejercicio, paso a paso y proyección ortogonal.....	194
Fig.4. 10 Opciones para obtener Vistas Normalizadas.....	195
Fig.4. 11 Nivel de habilidad espacial por género antes y después de los cursos.....	199
Fig.4. 12 Nivel de HE alcanzado en cursos de Geometría Descriptiva.....	204
Fig.4. 13 Tipo de Marcas fiduciales en HUMANAR (Izq. Marcas basadas en figuras y Dcha. Marcas-platilla).....	207
Fig. 4. 14 Ejemplo de normalización de un patrón.....	208
Fig 4. 15 Relación plano de referencia de Marcas y plano imagen.....	209
Fig 4. 16 Relación homográfica para cuatro puntos.....	210
Fig.4. 17 Proceso para integrar HUMANAR en entorno real.....	211
Fig.4. 18 Contenidos teóricos en vídeo.....	212
Fig.4. 19 Cuaderno de ejercicios y Augmented Book.....	212
Fig.4. 20 Estudiantes utilizando AR_Dehaes (a), monitor ordenador (b), pantalla - proyector (c).....	213
Fig.4. 21 Puntos de Ganancia y error estándar en MRT y DAT-5. Curso RA.....	220
Fig.4. 22 Nivel de HE alcanzado en curso de Realidad Aumentada.....	223
Fig.4. 23 Resumen Planificación del curso HE y estudiantes realizando el curso.....	226
Fig.4. 24 Puntos de Ganancia y error estándar en MRT y DAT-5. Curso RA.....	230
Fig.4. 25 Nivel de HE alcanzado en curso ET.....	232

Fig. 5. 1 Relación entre DAT versión 4 y DAT-5 (fuente Manual DAT-5)	239
Fig 6.1 Objetivos de usabilidad. Fuente: Preece et al. 2002	265
Fig 6.2 Componentes de Usabilidad según ISO 9241-11.....	268
Fig 6. 3 Horas diarias de uso con ordenador. Participantes en curso basado en RA.....	273
Fig 6.4 Experiencia en aplicaciones y tecnologías informáticas. Participantes en curso basado en RA.....	273
Fig 6.5 Valoración de eficiencia y eficacia en curso de desarrollo HE basado en RA.....	275
Fig 6.6 Satisfacción en curso de desarrollo de HE basado en RA	277
Fig 6.7 Horas diarias de uso con ordenador. Participantes en curso basado en SD.....	279
Fig 6.8 Experiencia en aplicaciones y tecnologías informáticas. Participantes en curso basado en SD.....	279
Fig 6.9 Medida de Eficiencia – eficacia cursos Sistema Diédrico. Valor medio y error.	281
Fig 6.10 Satisfacción del estudiante en cursos de Sistema Diédrico.	283
Fig 6.11 Opinión de participantes en cursos de Sistema Diédrico.	284
Fig 6.12 Medidas de usabilidad de Diedro 3D. Valor medio y error. (I)	286
Fig 6.13 Medidas de usabilidad de Diedro 3D. Valor medio y error. (II)	286
Fig 6. 14 Horas diarias de uso con ordenador. Participantes en curso basado en Ejercicios Tradicionales EG.....	287
Fig 6.15 Experiencia en aplicaciones y tecnologías informáticas. Participantes en curso basado en Ejercicios Tradicionales EG.....	287
Fig 6.16 Medida de Eficiencia – eficacia curso Ejercicios tradicionales EG. Valor medio y error.....	289
Fig 6.17 Satisfacción del estudiante en curso ET.....	290
Fig 6.18 Opinión de participantes en cursos de Ejercicios de Exp. Gráfica.....	291
Fig A.1. Milgram´s representación simplificada de “virtuality continuum” donde RA es parte de RM, adaptado por Azuma (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner, Julier, & MacIntyre, 2001).....	309
Fig A.2 Esquema básico de un sistema de Realidad Aumentada, en (Vallino, 1998).....	310
Fig A.3 Recopilación de imágenes de varios artículos de la bibliografía.....	311
Fig A.4 Pantalla de Realidad aumentada basada en un monitor, en (Vallino, 1998).....	312
Fig A.5 Elementos virtuales aumentados en el entorno real (fuente ArTag)	312
Fig A.6 Video aumentado en un dispositivo HDM (Head-mountain display), en (Vallino, 1998).	313
Fig A.7 Dispositivo Head-mounted display (HDM).....	313
Fig A.8 Pantallas HUD montadas en gafas. Tareas de mantenimiento en un vehículo BMW.....	313
Fig A.9 Decorados aumentados escenarios en Chroma key. Obtenido en www.brainstorm.es	314
Fig A.10 Realidad aumentada en HUD, en (Vallino, 1998)	314
Fig A.11 Pantallas HUD con información proyectada sobre ella (A la izquierda Cabina de pilotaje de un avión, en centro cabina de un barco y a la derecha coche BMW E60).	314
Fig A.12 Ian sutherland. Pionero en investigación con HDM, en (Sutherland, 1968)	315
FigA.13 Marca plana 2D.....	316
Fig A.14 Aplicación MARS.....	316
Fig A.15 Ejemplo de Realidad Aumentada con Marcas ARToolKit.	317
Fig A.16 Periférico - cámara EyeToy, abajo Richard Marks.....	318
Fig A.17 Escena de RA en AMIRE.....	318
Fig A.18 Mando de la Videoconsola Wii	319
Fig A.19 Componentes y demostración del Videojuego The Eye of judgment	319
Fig A.20 Demostración del Videojuego NAVGTR B-ROLL.....	320
Fig A. 21 Presentación del Motion Controller para PlayStation 3.....	320

Fig A.22 Mantenimiento de aeronaves mediante RA, en (Neumann & Cho, 1996) y (Henderson & Feiner, 2007)	321
Fig A.23 Planificación de distribución en planta, en (Doil, Schreiber, Alt, & Patron, 2003)	322
Fig A.24 Impacto visual por integración de edificios en una ciudad, en (Sánchez & Borro, 2007)	322
Fig A.25 Realización de una biopsia mediante superposición de imágenes por RA,	323
Fig A.26 Procedimientos de mínima invasión médica mediante uso de RA, en Fischer 2004	323
Fig A.27 Aplicaciones de RA en medicina, en Grimson et al 1995.	324
Fig A.28 Estudiantes trabajando en el espacio 3D con Construc3D en kauffman 2004.	325
Fig A. 29 Estudiantes realizando experimentos de física-mecánica en tiempo real con RA.	325
Fig A.30 Niños creando una historia con personajes virtuales. (en Hornecker & Dünser, 2009)	326
Fig A.31 Aplicaciones RA para la didáctica musical (Grupo ISI, de Univ. de Málaga)	326
Fig A.32 Aplicaciones desarrolladas en MXR. (a) Solar System, (b y c) Plant Story.	327
Fig A.33 Magic Story Cube. Desarrollado en MXR (Zhou et al, 2004)	327
Fig A.34 Tratamiento de fobias: a) Primer sistema de RA para tratar fobias a insectos; b) Sistema de RA sin marcas; c) Sistema de RA mediante HMD. Desarrollados en LabHuman	328
Fig A.35 Prototipos de dispositivos móviles implementados en RA. En (a) y (b) marcas fiduciales y modelos aumentados, arriba, visualización en monitor de un prototipo de consola multimedia. (en Park et al, 2009)	329
Fig A.36 Reconstrucción de edificio. En Institute for Energy Technology (IFE).....	329
Fig A.37 Juego Tenis de mesa mediante RA. (Park et al, 2006).....	330
Fig A.38 Videojuego "Ghost wire", en plataforma Nintendo Dsi (a) y en teléfono móvil (b y c).	330
Fig A.39 Pantalla teléfono móvil con información aumentada. (Feiner et al, 1997).....	331
Fig A.40 Life Clipper (Torpus,2005).....	331
Fig A.41 Visitante en museo Allard Pierson (a), Visualizador presentado en 18ª Expo IVR (b y c). ...	332
Fig A. 42 Reconstrucción virtual del patrimonio histórico mediante RA. (En Peula et al, 2008)	332
Fig A.43 espectáculos virtuales (Vasilakos et al, 2008).....	333
Fig A.44 Expositor de realidad aumentada de Lego.....	333
Fig A.45 Catalogo tienda muebles Ikea. Exhibición tridimensional del coche C2-Citroen.....	334
Fig A.46 Uso del dispositivo móvil con RA. (Wagner,2007)	335
Fig A.47 The invisible train (Wagner,2007)	335
Fig A.48 Interfaz de usuario del juego "The invisible train" (Wagner,2007)	335
Fig A.49 Pantalla del tlf. móvil, (Proyecto MARA).....	335
Fig A.50 Libro Aumentado (MagicBook)	336
Fig A.51 Coordenadas en un sistema de RA. (Dorfmueller-Ulhaas, 2003)	337
Fig A.52 Relación entre coordenadas de marca fiducial y coordenadas de la cámara estimadas por análisis de imagen (Kato & Billingham, 1999).	337
Fig A. 53 Sistema de reconocimiento de imagen en RA. (Kenji, Hirokazu, & Keihachiro, 2000).....	339
Fig A.54 Imagen original - Seguimiento de imagen - Objeto aumentado. (Lee, Seo, & Rhee, 2008)..	340
Fig A.55. Configuración de sistemas de salida de imágenes en sistemas de RA (Bimber & Raskar, 2005).	340
Fig A.56. Imagen aumentada en monitor-pantalla (arriba). Esquema de configuración del sistema (abajo). Obtenido en www.metaio.com	341
Fig A.57 Configuración de sistema HMD y HUD para RA.	342
Fig A.58 HMD estereoscópico y monoscópico (a y b), HUD monoscópico y estereoscópico (c y d).	342
Fig A.59 Ejemplo de configuración de HMD estereoscópico para Realidad Aumentada. (En www.trivisio.com).....	343
Fig A.60 Interfaces virtuales. Arriba proyecto MARISIL. Abajo teclado virtual.	345
Fig A.61 Smart Goggles	345

Fig A.62 Retinal image Display (RID)	346
Fig A.63 Integración de mecanismos electrónicos en Lentes de contacto.	346
Fig A.64 Esquema de proceso de trabajo para crear aplicaciones con ARToolKit.....	347
Fig A.65 Aplicación BuildAR desarrollada por HITLab	349
Fig A.66 Geometría de la cámara.....	351
Fig A.67 Sistema de coordenadas de la imagen y de la cámara.....	352
Fig A.68 Deformidad del píxel.	352
Fig A.69 Patrón de calibración de Tsai (1987)	354
Fig A.70 Restricción epipolar en la cónica absoluta	355
Fig A.71 Parámetros extrínsecos	356
Fig A.72 Imagen aumentada de una maqueta virtual (en www.vr.ucl.ac.uk/projects/arthur).....	356
Fig A.73 Efecto del paralaje.....	357

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Denominación de asignaturas relacionadas con Ingeniería Gráfica, por titulación y universidad en el marco EEES.	11
Tabla 2. 1. Clasificaciones más seguidas en las investigaciones sobre el factor espacial.	54
Tabla 2.2 Test para medir las Relaciones Espaciales. Fuente Saorin, 2006 y Sjolinde,2008.	55
Tabla 2.3 Test para medir la Visualización espacial. Fuente Saorin,2006 y Sjolinde,2008.	56
Tabla 2.4. Resultados de los principales estudios respecto a las diferencias de género en habilidades cognitivas. (Stumtf,1995).....	63
Tabla 2.5 Estudios basados en entrenamiento de Habilidades Espaciales.....	87
Tabla 2.6 Herramientas específicas diseñadas para mejora de la visión espacial (Universidades)....	93
Tabla 2.7 Estrategias para mejorar las habilidades espaciales realizas en la ULL	99
Tabla 2.8 Captura de pantalla desde la web RUCT. Títulos de Grado de ingeniería mecánica verificados en España.	106
Tabla 3. 1 Cursos realizados en esta tesis.	127
Tabla 3. 2 Tipos de tareas complejas según Stumpt y Eliot (1999).....	128
Tabla 3. 3 Categorías y tipología de ejercicios según Pérez Carrión y Serrano Cardona, 1998.	147
Tabla 4. 1 Media y Desviación estándar de HE de la población estudiada (2007).....	171
Tabla 4. 2 Cursos de desarrollo de HE realizados en curso academico 2007/08	172
Tabla 4. 3 Cursos de desarrollo de HE realizados en curso académico 2008/09	172
Tabla 4. 4 Media y Desviación estándar de HE de la población estudiada (2008).....	174
Tabla 4. 5 Cálculo del tamaño de la muestra para el estudio de desarrollo de HE	174
Tabla 4. 6 Nivel de capacidad espacial antes de realizar los cursos de videojuegos.....	177
Tabla 4. 7 Capacidad de Visión según tipo de jugador	177
Tabla 4. 8 Plataformas habituales entre usuarios de videojuegos	179
Tabla 4. 9 Contenidos y horario del curso de entrenamiento con videojuegos.	182
Tabla 4. 10 Resultados de los niveles de HE antes y después del entrenamiento con videojuego. ...	183
Tabla 4. 11 Resultados antes y después del entrenamiento en función de la plataforma utilizada.	185
Tabla 4. 12 Resultados de la significación estadística en los dos cursos de videojuegos.	186
Tabla 4. 13 Intervalos de confianza para la ganancia de MRT y DAT-5 en los cursos con videojuegos.	188
Tabla 4. 14 Contenidos del Curso de desarrollo de HE mediante Sistema Diédrico.....	191
Tabla 4. 15 Temporización de los contenidos del curso Sistema Diédrico.....	192
Tabla 4. 16 Media y desviación estándar Pre y Post Test de Grupo "Curso GD".....	192
Tabla 4. 17 Tipo de información para escenarios 3D	193
Tabla 4. 18 Media y desviación estándar Pre y post Test de Grupo "Curso GD-3D"	196
Tabla 4. 19 Valores medios de Test MRT y DAT-5:SR antes de comenzar los cursos.....	197
Tabla 4. 20 Análisis de Varianza para MRT y DAT-5:SR entre grupos (Curso Sistema Diédrico)	198
Tabla 4. 21 Valores medios Pre/Post test y ganancia (desv. estándar)	198
Tabla 4. 22 Nivel de significación comparando puntuaciones Pre vs. Post test (MRT y DAT-5).....	199
Tabla 4. 23 Datos por género. Valores medios de puntuación Pre/ Post test y ganancia.	199
Tabla 4. 24 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post-MRT	201
Tabla 4. 25 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post-DAT-5:SR	201
Tabla 4. 26 Análisis de Covarianza para Post- MRT	202
Tabla 4. 27 Análisis de Covarianza para Post-DAT-5:SR	202

Tabla 4. 28 Valores medios ajustados para MRT y Ganancia real por tipo de curso (Geom. Descr)..	203
Tabla 4. 29 Valores medios ajustados para DAT-5:SR y Ganancia real por tipo de curso (Geom. Descr.)	203
Tabla 4. 30 ANOVA Curso GD vs GD-3D	204
Tabla 4. 31 Nivel de capacidad espacial antes de realizar el curso basado en RA.....	219
Tabla 4. 32 Análisis de Varianza para MRT y DAT-5:SR entre grupos. Curso RA.....	219
Tabla 4. 33 Valores medios Pre / Post Test y ganancia en curso RA	220
Tabla 4. 34 Nivel de significación comparando valores Pre vs Post (MRT y DAT-5) curso RA.....	220
Tabla 4. 35 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post MRT. Curso RA.....	221
Tabla 4. 36 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post DAT-5. Curso RA.	221
Tabla 4. 37 Valores medios ajustados para MRT y Ganancia real por tipo de curso (RA).....	222
Tabla 4. 38 Valores medios ajustados para DAT-5: SR y Ganancia real por tipo de curso (RA)	222
Tabla 4. 39 Nivel de capacidad espacial antes de realizar el curso basado en RA.....	228
Tabla 4. 40 Análisis de Varianza para MRT y DAT-5:SR entre grupos antes de comenzar Curso ET	229
Tabla 4. 41 Valores medios Pre / Post Test y ganancia en curso ET	229
Tabla 4. 42 Nivel de significación comparando valores Pre vs Post (MRT y DAT-5) curso RA.....	229
Tabla 4. 43 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post MRT. Curso ET.....	230
Tabla 4. 44 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post DAT-5. Curso ET.	231
Tabla 4. 45 Valores medios ajustados para MRT y Ganancia real por tipo de curso (Curso ET)	231
Tabla 4. 46 Valores medios ajustados para DAT-5: SR y Ganancia real por tipo de curso (Curso ET).....	232
Tabla 4. 47 Valores medios Pre / Post Test y ganancia en curso ET	233
Tabla 5. 1 Ranking de cursos para mejorar la capacidad espacial.	242
Tabla 5. 2 Modelos de regresión.	250
Tabla 5. 3 Datos de experiencias realizadas en la ULL.....	252
Tabla 5. 4 Datos de experiencias en otros estudios.	254
Tabla 5. 5 Comparación entre Construct3D y AR_Dehaes	258
Tabla 6. 1 Resultados Eficacia y Eficiencia en curso de desarrollo HE basado en RA	274
Tabla 6. 2 Resultados de Satisfacción en curso de desarrollo HE basado en RA	276
Tabla 6. 3 Resultados Opinión en curso HE basado en RA.....	277
Tabla 6. 4 Resultados Eficacia y Eficiencia en curso de desarrollo HE basado en Sistema Diédrico.	280
Tabla 6. 5 Tiempo de ejecución en cursos SD y SD-3D.....	281
Tabla 6.6 Resultados Satisfacción en curso de desarrollo de HE basado en Sistema Diédrico.	282
Tabla 6. 7 Resultados Opinión en curso de desarrollo de HE basado en Sistema Diédrico.	283
Tabla 6. 8 Resultados Encuesta usabilidad de la aplicación Diedro-3D.....	285
Tabla 6. 9 Resultados Eficacia y Eficiencia en curso de desarrollo HE basado en ejercicios Tradicionales EG.....	288
Tabla 6.10 Resultados Satisfacción en curso de desarrollo HE basado en Ejercicios Tradicionales EG.	290
Tabla 6. 11 Resultados Opinión en curso de desarrollo HE basado en Ejercicios de Exp. Gráfica.	291

Lista de Abreviaturas

HE: Habilidad Espacial

NDS: Nintendo DS

PC: Ordenador Personal

RA: Realidad Aumentada

RV: Realidad Virtual

GD: Geometría Descriptiva

SD: Sistema Diédrico

EEES Espacio Europeo de Educación Superior

ECTS: Sistema de Credito Europeo (European Credit Transfer System)

PAU Prueba de acceso a la universidad.

Resumen de la Tesis

La capacidad espacial junto a otras capacidades como la verbal, numérica, razonamiento, memoria..., es una componente de la inteligencia. Esta componente (la espacial) es de gran importancia en el campo de la ingeniería, pues es considerada fundamental para realizar las actividades propias del ingeniero: diseñar, proyectar y ejecutar todo tipo de productos ingenieriles (Adánez y Velasco, 2002).

El desarrollo de la habilidad espacial, por su característica de ser educable supone una mejora en la capacidad espacial del ser humano. Durante la última década, en el ámbito de la ingeniería, la habilidad espacial se ha convertido en una de las principales líneas de trabajo para obtener nuevas metodologías y herramientas, que proporcionan una mejora de la capacidad espacial en los estudiantes.

En esta tesis se han desarrollado materiales didácticos totalmente prácticos basados en contenidos de ingeniería gráfica. También se han realizado herramientas para conseguir mediante cortos entrenamientos, no sólo desarrollar la habilidad espacial en los estudiantes de ingenierías sino también favorecer el aprendizaje de los sistemas de representación gráfica.

Se analizan las tareas mentales que son objeto de medición en los test espaciales, y una vez definidas se realiza una recopilación, clasificación y selección de ejercicios en los siguientes términos:

- Ejercicios que con más frecuencia son utilizados en la docencia de Expresión Gráfica.
- Ejercicios utilizados en cursos de entrenamiento de habilidad espacial.
- Ejercicios y explicaciones teóricas sobre contenidos de sistema diédrico tradicional.

Por otra parte se analizará el efecto de jugar con un videojuego comercial, seleccionado por contener componentes geométricas, de forma que el jugador debe realizar tareas espaciales mentales y puede desarrollar la habilidad espacial.

Tras confeccionar los materiales didácticos y desarrollar herramientas informáticas, se han realizado diferentes entrenamientos con estudiantes de primer curso ingeniería y arquitectura, para obtener en principio, resultados esperados sobre la mejora de la capacidad espacial. Seis estrategias de entrenamiento se han realizado en esta tesis:

- Dos cursos utilizando el videojuego tetris (uno en plataforma PC y otro en plataforma Nintendo DS)
- Dos cursos utilizando contenidos de sistema de representación diédrico (uno mediante clases magistrales y otro con apoyo de un visualizador tridimensional y dinámico para seguir las explicaciones).

- Un curso basado en ejercicios que han sido utilizados para el desarrollo de la habilidad espacial y en esta tesis han sido adaptados a una aplicación basada en tecnología de Realidad Aumentada.
- Un curso basado en los ejercicios más utilizados en la docencia de Expresión Gráfica en el primer curso de ingenierías a nivel universitario en España.

Con los datos recogidos y resultados obtenidos se ha podido realizar un estudio riguroso sobre la mejora en cada uno de los cursos. También se analiza en algunos de los cursos la variable género, la duración del curso y comparación en la mejora adquirida por los estudiantes.

Se ha realizado un estudio de satisfacción y usabilidad de los cursos, en los que se manifiesta la opinión y preferencias de los estudiantes y usabilidad de las herramientas informáticas desarrolladas.

El análisis estadístico de los resultados muestra que todos los cursos o estrategias son perfectamente válidas para mejorar la capacidad espacial en los estudiantes, si bien es cierto algunas proporcionan conocimientos en sistemas de representación gráfica. Entra en juego la preferencia de los estudiantes para entrenar en un tipo de curso u otro, inclinándose más por aquellos que les permite la formación autónoma y están basados en nuevas tecnologías, dispositivos electrónicos, internet...

Estos cursos proporcionan métodos óptimos de formación para desarrollar las habilidades espaciales de los estudiantes y en algunos de ellos favorecer el aprendizaje de los sistemas de representación gráfica.

Palabras Clave: habilidad espacial, capacidad espacial, Expresión Gráfica, Educación ingeniería, Realidad Aumentada.

Resum de la Tesi

La capacitat espacial junt amb altres capacitats com la verbal, numèrica, raonament, memòria..., és una component de la intel·ligència. Esta component (la espacial) és de gran importància en el camp de l'enginyeria, perquè és considerada fonamental per a realitzar les activitats pròpies de l'enginyer: dissenyar, projectar i executar tot tipus de productes de l'enginyeria.

El desenvolupament de l'habilitat espacial, per la seua característica de ser educable suposa una millora en la capacitat espacial del ser humà. Durant l'última dècada, en l'àmbit de l'enginyeria, l'habilitat espacial s'ha convertit en una de les principals línies de treball per a obtenir noves metodologies i ferramentes, que proporcionen una millora de la capacitat espacial en els estudiants.

En esta tesi s'han desenvolupat materials didàctics totalment pràctics basats en continguts d'enginyeria gràfica. També s'han realitzat ferramentes per a aconseguir, mitjançant curts entrenaments, no sols desenvolupar l'habilitat espacial en els estudiants d'enginyeries sinó també afavorir l'aprenentatge dels sistemes de representació gràfica.

S'analitzen les tasques mentals que són objecte de mesura als tests espacials, i una vegada definides es realitza una recopilació, classificació i selecció d'exercicis en els termes següents:

- Exercicis que amb més freqüència són utilitzats en la docència d'Expressió Gràfica.
- Exercicis utilitzats en cursos d'entrenament d'habilitat espacial.
- Exercicis i explicacions teòriques sobre continguts de sistema dièdric tradicional.

D'altra banda s'analitzarà l'efecte de jugar amb un videojoc comercial, seleccionat per contindre components geomètriques, de manera que el jugador ha de realitzar tasques espacials mentals i pot desenvolupar l'habilitat espacial.

Després de confeccionar els materials didàctics i desenvolupar ferramentes informàtiques, s'han realitzat diferents entrenaments amb estudiants de primer curs enginyeria i arquitectura, per a obtenir en principi, resultats esperats sobre la millora de la capacitat espacial. Sis estratègies d'entrenament s'han realitzat en esta tesi:

- Dos cursos utilitzant el videojoc tetris (un en plataforma PC i un altre en plataforma Nintendo DS)
- Dos cursos utilitzant continguts de sistema de representació dièdric (un mitjançant classes magistrals i un altre amb suport d'un visualitzador tridimensional i dinàmic per a seguir les explicacions).
- Un curso basat en exercicis que han sigut utilitzats per al desenvolupament de l'habilitat espacial i en esta tesi han sigut adaptats a una aplicació basada en tecnologia de Realitat Augmentada.

- Un curso basat en els exercicis més utilitzats en la docència d'Expressió Gràfica en el primer curs d'enginyeries a nivell universitari a Espanya.

Amb les dades arreglades i resultats obtinguts s'ha pogut realitzar un estudi rigorós sobre la millora en cadascun dels cursos. També s'analitza en alguns dels cursos la variable gènere, la duració del curs i comparació en la millora adquirida pels estudiants.

S'ha realitzat un estudi de satisfacció i usabilitat dels cursos, en els que es manifesta l'opinió i preferències dels estudiants i usabilitat de les ferramentes informàtiques desenvolupades.

L'anàlisi estadística dels resultats mostra que tots els cursos o estratègies són perfectament vàlides per a millorar la capacitat espacial en els estudiants, si bé és cert algunes proporcionen coneixements en sistemes de representació gràfica. Entra en joc la preferència dels estudiants per a entrenar en un tipus de curs o un altre, inclinant-se més per aquells que els permet la formació autònoma i estan basats en noves tecnologies, dispositius electrònics, internet...

Estos cursos proporcionen mètodes òptims de formació per a desenvolupar les habilitats espacials dels estudiants i en alguns d'ells afavorir l'aprenentatge dels sistemes de representació gràfica.

Paraules Clau: habilitat espacial, capacitat espacial, Expressió Gràfica, Educació enginyeria, Realitat Augmentada

Summary of the Thesis

Spatial ability is a component of intelligence, together with other abilities like verbal and numeric abilities, reasoning, memory, etc. This component (spatial ability) is of vital importance in the field of engineering, as it is considered fundamental for the typical engineering activities: design, planning and execution of all kinds of engineering products (Adánez and Velasco, 2002).

As spatial skill can be taught, its development is an improvement to man's spatial ability. In the last decade, spatial skill has become one of the main lines of work in the field of engineering, for obtaining new methodologies and tools to improve students' spatial abilities.

This thesis develops totally practical educational materials based on graphic engineering. Tools have also been created to develop the spatial skills of engineering students, as well as to facilitate their learning of graphic projection systems, all through short training courses.

Mental tasks are analysed and measured with spatial tests and once these are defined, a set of exercises are collected, classified and selected in the following terms:

- Exercises that are most frequently used in teaching Graphic Expression.
- Exercises used in spatial skills training courses.
- Exercises and theoretical explanations on the traditional dihedral system.

On the other hand, an analysis will be conducted of the effect of playing with a commercial video game, selected for its content in geometric components, so that the player must conduct mental spatial tasks, to develop his or her spatial skill.

After creating the teaching material and developing computer tools, a range of training exercises have been undertaken with first year engineering and architecture students, to initially give the expected results concerning their improvement in spatial ability. Six training strategies have been used in this thesis:

- Two courses using the Tetris video game (one on a PC platform and the other on a Nintendo DS platform)
- Two courses using the dihedral projection system (one with master classes and the other with the support of a three-dimensional dynamic display to follow the explanations).
- One course based on exercises that have been used for developing spatial skill and which have been adapted to an Augmented Reality based technology application.
- One course based on the most widely used exercises in teaching Graphic Expression in first year university engineering courses in Spain.

With the data collected and the results obtained, we have been able to conduct a stringent study on the improvement achieved with each course. In some of the courses, we have also analysed the gender variable, the duration of the course and we have compared the improvement achieved by the students.

We have conducted a satisfaction and a usability study of the courses, in which students have the chance to state their opinions and preferences with regard to the courses and the usability of the computer tools developed.

The statistical analysis of the students show that all the courses or strategies are perfectly valid for improving their spatial ability, although it is true that some provide insight into graphic representation systems. What is at stake here is the students' preference for training on one kind of course or another, with students being more inclined to choose the courses that offer them independent training and which are based on new technologies, electronic devices, internet, etc.

These courses provide optimum training methods for developing the students' spatial skills and some of them facilitate the learning of graphic projection systems.

Keywords: Spatial ability, spatial skill, engineering education, engineering graphics, augmented reality.

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El dibujo técnico es un medio de expresión y comunicación indispensable tanto en el desarrollo de la investigación científica en las áreas de ingeniería y arquitectura, como en la comprensión gráfica de proyectos tecnológicos cuyo fin último es la creación y fabricación de un producto (Carretero Díaz, 2001). Actualmente nos referimos con el término "Expresión Gráfica" a esta forma de comunicación. En Expresión Gráfica se encuentran definidas las funciones instrumentales de análisis, expresión y comunicación en torno a los aspectos visuales de las ideas y las formas, por lo que entre sus objetivos generales está el permitir conocer y comprender sus fundamentos con el fin de disponer de la capacidad de elaborar soluciones razonadas a problemas geométricos en el plano y en el espacio, para finalmente aplicarla a la interpretación y elaboración de planos.

Los contenidos de Expresión Gráfica en los niveles universitarios, suelen ser:

- Geometría métrica aplicada.
- Geometría descriptiva.
- Representación normalizada.
- Técnicas de diseño por ordenador.

Respecto a la enseñanza por parte del profesor, es *expositiva* en cuanto a la trasmisión de los contenidos, *práctica* para afianzar la adquisición de los contenidos y *razonada* en cuanto al esfuerzo por hacer pensar al alumno.

El contenido de esta tesis trata de desarrollar un aspecto importante en el proceso enseñanza/aprendizaje, la **habilidad espacial**, entendida como habilidad cognitiva que forma parte del factor espacial o capacidad espacial, el cual junto a otros factores forman la inteligencia de una persona.

Normalmente los profesores de las asignaturas de Expresión Gráfica no han trabajado directamente la forma de mejorar esta capacidad, sino que se deja a que los propios contenidos de la asignatura desarrollen la habilidad espacial, aunque como bien señala (Company, Contero, Piquer, Aleixos, Conesa, & Naya (2004), *"La adquisición de la visión espacial es uno de los objetivos más importantes en las asignaturas de Ingeniería Gráfica"*.

El interés de algunos docentes de Expresión Gráfica del ámbito universitario por mejorar las deficiencias de sus alumnos en cuanto a capacidad de visión espacial, les ha llevado a realizar actuaciones materializadas en cambios metodológicos, nuevas herramientas docentes y estudios sobre el desarrollo de la HE. En este aspecto, Pérez Carrión y Serrano Cardona (1998) indican que *"...con frecuencia, los profesores de Dibujo Técnico y Sistemas de Representación se encuentran ante alumnos que, aun demostrando una elevada capacidad intelectual en otras áreas de conocimiento, presentan problemas en la comprensión de los mecanismos que relacionan la representación de objetos tridimensionales con la realidad de dichos objetos. Intentar que uno de estos alumnos resuelva problemas de este tipo, relativamente complejos, sin un aprendizaje o preparación previa, es abocarlo a un fracaso seguro"*.

En el seno de este trabajo, se desarrollan herramientas informáticas interactivas que, facilitan la adquisición de estas capacidades y el aprendizaje de contenidos de Expresión Gráfica, en algunos casos de forma autónoma y servirán de complemento a los medios y procedimientos habituales de enseñanza en Expresión Gráfica.

Algunas aportaciones nacionales, cercanas al área de Expresión Gráfica y realizadas en este contexto han sido desarrolladas por:

- El profesor Saorín que, en su trabajo doctoral (Saorín J. , 2006) realizó una serie de cursos de intensificación con objeto de desarrollar la HE de aquellos alumnos que mostraban niveles más bajos en los test de medición de rotaciones mentales

y visualización espacial. También comprobó el efecto que tiene, cursar las asignaturas de Expresión Gráfica en el desarrollo de la habilidad espacial.

- El equipo de trabajo del profesor Basilio Ramos Barbero, del Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Burgos, ha desarrollado el proyecto titulado: "Aprendizaje innovador en la visualización de piezas, en la formación de Dibujo Técnico mediante aplicación Hipermedia". La herramienta desarrollada sirve, según indican sus creadores, *"de iniciación al aprendizaje de visualización espacial dentro de la expresión gráfica y ajustándose a los principios generales de representación en dibujo técnico recogidos en la norma UNE 1032-82 o ISO 128-82"*. Se trata de un material didáctico multimedia e interactivo que facilita a los alumnos el desarrollo de la visión espacial. Los autores de la herramienta, indican que *"el material es especialmente adecuado para aquellos alumnos que llegan a las titulaciones técnicas de Ingeniería y Arquitectura, y que no tienen desarrolladas suficientemente las habilidades y destrezas de visualización e interpretación de piezas"*.
- Es importante destacar la aportación realizada por el equipo de Teresa Pérez Carrión y Manuel Serrano Cardona, (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998) cuyo magnífico trabajo en el campo de la capacidad de visión espacial, ha abierto una línea de investigación y ha servido de base a todos los que de una forma u otra nos hemos acercado a esta línea de trabajo.

1.2 CONSIDERACIONES SOBRE LOS TÉRMINOS REFERENTES A CAPACIDAD ESPACIAL UTILIZADOS EN ESTA TESIS.

Investigadores de la psicología cognitiva de distintas épocas, han publicado sus teorías acerca de la concepción de la capacidad espacial. Es habitual encontrar términos enunciados por distintos autores pero que se refieren al mismo concepto o viceversa, el mismo término en referencia a distintos conceptos.

En el capítulo 2 (marco teórico de la tesis), se mencionan las aportaciones de numerosos autores, y se indican los términos que proponen, traducidos al español tal como se utilizan en el ámbito de psicología cognitiva. Estos términos podrían confundir al lector, por ello se expone a continuación una breve aclaración para facilitar su comprensión y la lectura del capítulo 2.

Según las distintas escuelas de pensamiento o autores referenciados en esta tesis, la inteligencia está formada por varios factores, componentes o inteligencias: verbal, numérica, espacial, memoria, razonamiento.... Los factores y el número de ellos, varían según los autores o la escuela de pensamiento, pero todos coinciden en que uno de los factores de la inteligencia es el **factor espacial**, y que está formado por varios sub-componentes: relaciones espaciales, visualización espacial, rotaciones mentales, percepción..., aunque lo que no hay es un acuerdo en cuanto al número. Estas sub-componentes se pueden medir mediante test específicos y se pueden entrenar para desarrollarlas y alcanzar niveles superiores. En el apartado 2.3 y 2.4 de capítulo 2, se exponen las clasificaciones de sub-componentes y herramientas de medición propuestas por varios investigadores en este conocimiento.

Sánchez Carlessi y Reyes Romero (2003) introducen el término "capacidad", para indicar que el individuo dispone de capacidades que permiten a la mente actuar y percibir de un

modo que trasciende las leyes naturales. Consideran que una persona está “capacitada para algo” porque dispone de cierta **aptitud, destreza y habilidad** para desarrollarla. Particularizando a capacidad espacial (y que podría extenderse al resto de capacidades), indica que, la aptitud es una disposición innata, un potencial natural con que cuenta el individuo, la destreza es la habilidad que desarrolla una persona con un alto nivel de eficiencia, y la habilidad se conceptualiza como la destreza para desenvolverse con tareas espaciales mentales que se desarrolla gracias al aprendizaje, al ejercicios y a la experiencia. Esta última, (la habilidad espacial), está en la línea del factor espacial comentado con anterioridad, de modo que se podría considerar sinónimo de factor espacial.

La habilidad espacial es única, se puede tener mucha o poca habilidad (alto o bajo nivel) pero no varias habilidades espaciales. En realidad no sería correcto el uso lingüístico del término “habilidades espaciales”, pero debido a que está formada por varios sub-componentes (para algunos sub-habilidades), se suele aceptar el uso de término “habilidades espaciales”. En este trabajo se admite el uso de “habilidades espaciales” en el contexto de que la habilidad espacial está formada por varias sub-componentes.

Esto último induce a pensar que factor espacial es lo mismo que habilidad espacial, en la figura 1.1, se representa un grafico en el que se muestra que los subcomponentes del factor espacial son los de la habilidad espacial, que junto con la aptitud y la destreza forman la capacidad espacial.

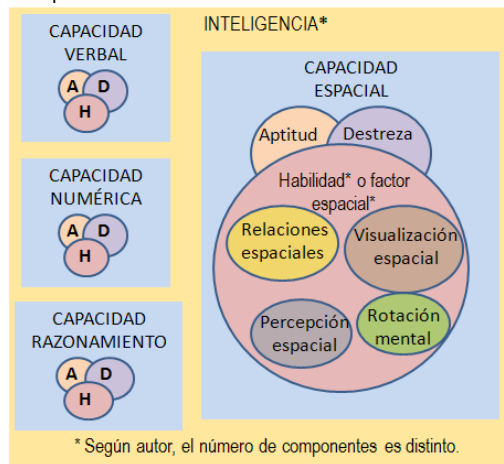


Fig. 1. 1 Estructura de inteligencia y factor espacial.

La capacidad espacial es única, no es correcto el uso lingüístico del término “capacidades espaciales”, aunque el hábito lingüístico y una actitud permisiva de la norma académica, hacen que el término sea comúnmente utilizado. De forma que tanto capacidad espacial como capacidades espaciales es lo mismo, pero no debemos confundirla con habilidad espacial.

Se considerará en esta tesis el término habilidad espacial, en cuanto que es una habilidad que se puede entrenar y por tanto desarrollar. No se podría afirmar que la habilidad espacial se desarrolla en una persona si no se pudiera medir su capacidad espacial.

En apartados 2.2 y 2.3 de capítulo 2, se definen de forma explícita los conceptos de habilidad espacial y capacidad espacial.

Investigadores en el área de Ingeniería Gráfica, consideran el término capacidad de visión espacial, el que entendemos en relación a la componente de la inteligencia conocida como factor espacial, que puede medirse y cuantificarse mediante instrumentos de medida (test) (Domínguez Posada, 1994), (Alias, Black, & Gray, 2002), (Németh, 2007) (Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006), (Sorby S. , 2009).

1.3 ADAPTACIÓN AL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.

1.3.1. Proceso de cambio en el sistema educativo universitario.

La enseñanza universitaria está inmersa en un proceso de cambio importante consecuencia del nuevo marco Europeo de Educación Superior. Este proceso no está avocado a una estandarización de la enseñanza superior europea, sino que se pretende crear un sistema comparable y común entre todos los países europeos.

El Espacio Europeo de Educación Superior, prevé la aplicación del sistema europeo de créditos (ECTS) basado en el aprendizaje por competencias, con el objetivo de poder adaptarse a los cambios sociales permanentes y poder prepararse para el dinámico mercado de trabajo. En este nuevo marco, el objetivo principal del proceso de enseñanza-aprendizaje consiste no sólo en la adquisición de conocimientos por parte del estudiante, sino en el desarrollo de una serie de competencias (capacidades y destrezas), en función de los perfiles académicos y de los correspondientes perfiles profesionales. Este modelo de enseñanza, también plantea un cambio metodológico en la educación, dejando de estar centrada en el profesor, para dotar de un mayor protagonismo al trabajo del estudiante.

El crédito europeo (ECTS), es la unidad de medida de las asignaturas. Se asignan 60 créditos ECTS a la carga de trabajo de un año académico. En la mayoría de los casos, la carga de trabajo de un estudiante oscila entre 1500 y 1800 horas por año académico, de forma que un crédito ECTS, equivale, según *European Commission Education & Training*¹, a 25-30 horas de trabajo, de las cuales, 10 horas son presenciales e impartidas por el profesor y 15 horas son de trabajo del alumno, dedicadas a realización de trabajos, búsqueda bibliográfica, preparación de exámenes, estudio...

En España, el Ministerio de Educación y las universidades actualmente trabajan para alcanzar una adaptación del sistema vigente de docencia, al modelo europeo en los siguientes términos:

- La revisión e introducción de nuevas titulaciones basadas en contenidos y competencias.
- La definición de los contenidos y perfil profesional por áreas de conocimiento y la valoración de los niveles de calidad.

El Ministerio de Educación, publicó en el Boletín Oficial del Estado -BOE- (días 18,19 y 20 de Febrero, 2009) las Órdenes por las que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de profesiones técnicas. Se publicó una Orden Ministerial, para cada título universitario, en el que aparecen las competencias que deben adquirir los estudiantes para habilitarles al ejercicio de la profesión. Según estas Órdenes, los títulos de enseñanzas universitarias oficiales de

¹ <http://ec.europa.eu/education>

Grado tendrán un plan de estudios con una duración de 240 créditos europeos (según lo dispuesto en Real Decreto 1393/2007). En este plan de estudios deberán cursarse varios bloques de formación: formación básica, formación común a la titulación/rama, formación en el ámbito de tecnología específica y trabajo fin de grado.

A partir de las Órdenes Ministeriales, las universidades elaboran los planes de estudio de las nuevas titulaciones. Se propone con carácter general una organización del plan de estudios basada en la máxima transversalidad entre titulaciones de una misma rama, con el propósito de crear materias comunes y favorecer la movilidad y las oportunidades formativas de los estudiantes. Esta transversalidad debería orientarse a la creación de asignaturas comunes (en el primer año) entre titulaciones afines siempre que ello sea viable.

Los planes de estudios estarán organizados, como se ha comentado por módulos de formación que contienen determinadas competencias:

- Competencias de formación básica. El primer curso se centra en las materias de formación básica. De acuerdo con el Real Decreto 1393/2007, esta formación básica incluye 36 créditos de rama y 24 créditos que pueden tomarse de la misma u otra rama o abordar contenidos formativos básicos que contribuyen a la formación inicial. En la rama de *Arquitectura e Ingeniería* las materias básicas son: Empresa, Expresión Gráfica, Física, Informática, Matemáticas y Química.

Los 36 créditos de rama deberán distribuirse entre algunas de las materias básicas, configurando un mínimo de 4 asignaturas. El objetivo es que los contenidos de las asignaturas de formación básica de las distintas titulaciones de ingeniería sean iguales en un 60% (36 créditos). Esto puede facilitar a un alumno que no se siente cómodo con la elección realizada en el primer curso de carrera poder cambiar de titulación.

Se puede dar el caso que una titulación diferencie varios campos de especialización de forma que comparte una formación básica y común.

- Competencias de formación común a la titulación/rama. Está constituida por un mínimo de 60 créditos. Las asignaturas tendrán carácter obligatorio, y serán asignaturas comunes para aquellos títulos conducentes a estudios de grado con especialidades.
- Competencias de formación en el ámbito de tecnología específica. El plan de estudios contendrá un mínimo de 48 créditos en competencias específicas dentro de la especialidad de la titulación.
- El trabajo fin de Grado tendrá entre 6 y 30 créditos y deberá realizarse en la fase final del plan de estudios y estará orientado a la evaluación de competencias asociadas al título.

1.3.2. La capacidad espacial en el marco Europeo de Educación Superior.

En el actual sistema educativo universitario español, nunca se han registrado los términos de habilidad espacial o capacidad espacial, en los descriptores de las asignaturas de Expresión Gráfica o Dibujo Técnico. Incluso en los programas docentes de las asignaturas son pocos los profesores que hacen referencia a la mejora de la capacidad de visión espacial.

Algunos estudios verifican el hecho que los contenidos de los sistemas de representación desarrollan la habilidad espacial (Adánez & Velasco, 2002), (Domínguez Posada, 1994).

Esto es posible, implicando un esfuerzo por parte del alumno, primero en comprender los contenidos teóricos y a continuación, trabajándolos mentalmente (Dominguez Posada, 1994). El alumno puede mejorar la capacidad espacial no sólo con los contenidos teóricos o prácticos propuestos en las asignaturas de Expresión Gráfica, sino que se le pueden proporcionar herramientas que permitan mejorar la componente espacial de la inteligencia, y se puede conseguir mediante un entrenamiento específico (Sorby, Drummer, Hungwe, Parolini, & Molzan, 2006), (Alias, Black, & Gray, 2002), (Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006). Dotar a los estudiantes de un nivel alto en capacidad espacial, les facilitará la comprensión de los contenidos teóricos de expresión gráfica y tendrán menos dificultades para realizar las representaciones gráficas en 2D de los objetos propuestos en 3D y viceversa (Sorby S. , 2009).

En el modelo Europeo de Educación Superior, dentro de la formación básica que los estudiantes deben adquirir en las titulaciones de grado de ingeniería, está presente la competencia *"Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador"*².

Esta competencia propone que el estudiante debe conseguir disponer de capacidad de visión espacial y conocer las técnicas de representación gráfica...". Se intuye que desde el ministerio hay cierta sensibilidad por trabajar en las asignaturas de ingenierías esta habilidad cognitiva, que según ciertos investigadores indican que esta habilidad será imprescindible a los futuros ingenieros para desarrollar los trabajos específicos de la profesión (Adánez & Velasco, 2002).

Es cierto que no hay una obligación expresa de incluir de forma específica en los programas de asignaturas de Expresión Gráfica la consideración de la mejora de la capacidad espacial. Es interesante señalar que algunos autores indican que los contenidos de Expresión Gráfica de forma indirecta, desarrollan la habilidad espacial de los estudiantes: *"la enseñanza de los sistemas de representación proporciona un entrenamiento de las capacidad intelectual de la percepción del espacio"* (Stachel, 2005). Otros utilizan la medición de la capacidad espacial en los contenidos del curso y utilizan los resultados para ajustar las actividades del programa de la asignatura (Torner Ribé, 2009).

1.3.3. Ingeniería Gráfica en los nuevos planes de estudios.

Las titulaciones oficiales de Grado en Ingeniería que podrán cursarse dentro del sistema universitario español según el modelo Europeo de Educación Superior y en la que los estudiantes deben desarrollar competencias relacionadas con la ingeniería gráfica serán:

- Arquitectura.
 - *Grado en Ingeniería de Edificación.*
- Industriales
 - *Grado en Ingeniería Mecánica*
 - *Grado en Ingeniería Eléctrica*
 - *Grado en Ingeniería Electrónica Industrial*
 - *Grado en Ingeniería Química Industrial*
 - *Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales*
 - *Grado en Diseño Industrial*
- Agrícola

² Boletín Oficial del estado. BOE-fechas 18-19 y 20 de Febrero de 2009

- *Grado en Ingeniería Agrícola en Explotaciones Agropecuarias*
- *Grado en Ingeniería Agrícola en Hortifruticultura y Jardinería*
- *Grado en Ingeniería Agrícola en Industrias Agrarias y Alimentarias*
- *Grado en Ingeniería Agrícola en Mecanización y Construcciones Rurales*
- Forestal.
 - *Grado en Ingeniería de Montes en Explotaciones Forestales*
 - *Grado en Ingeniería de Montes en Industrias Forestales*
- Minas
 - *Grado en Ingeniería de Explotación de Minas*
 - *Grado en Ingeniería de Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos*
 - *Grado en Ingeniería de Sondeos y Prospecciones Mineras*
- Naval
 - *Grado en Ingeniería Naval en Estructuras Marinas*
 - *Grado en Ingeniería Naval en Propulsión y Servicios del Buque*
- Obras públicas
 - *Grado en Ingeniería de Obras Públicas en Construcción Civil*
 - *Grado en Ingeniería de Obras Públicas en Hidrología*
 - *Grado en Ingeniería de Obras Públicas, Transporte y Servicios Urbanos*
- Aeronáutica
 - *Grado en Ingeniería de Tecnologías Aeronáuticas*
 - *Grado en Ingeniería de Aeronaves*
 - *Grado en Ingeniería de Aeromotores*
 - *Grado en Ingeniería de Equipos y Materiales Aeroespaciales*
 - *Grado en Ingeniería de Aeropuertos*
 - *Grado en Ingeniería de Aeronavegación.*
- Montes
 - *Grado en Ingeniería Forestal en Explotaciones Forestales*
 - *Grado en Ingeniería Forestal en Industrias Forestales*
 - *Máster en Ingeniería de Montes*
- Química
 - *Grado en Ingeniería de Procesos Químicos*
- Topografía
 - *Grado en Ingeniería Geomática.*
- Geología.
 - *Grado Ingeniería Geológica*

(Nota: Esta denominación de los títulos pueden variar según lo determine la comisión que desarrolla el plan de estudios en cada universidad)

Se han revisado los órdenes ministeriales CIN (Ministerio de Ciencia e Innovación) publicadas en BOE, para cada titulación de Grado en Ingeniería, con objeto de extraer las competencias relacionadas con la ingeniería gráfica, y se han encontrado las siguientes:

COMPETENCIAS DE FORMACIÓN BÁSICA.

[1] "Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador."

[2] Capacidad para aplicar los sistemas de representación espacial, el desarrollo del croquis, la proporcionalidad, el lenguaje y las técnicas de la representación gráfica de los elementos y procesos constructivos.

COMPETENCIAS DE FORMACIÓN EN TECNOLOGÍA ESPECÍFICA.

[3] Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.

[4] Capacidad para interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto, realizar toma de datos, levantamientos de planos y el control geométrico de unidades de obra.

[5] Conocimiento de los procedimientos y métodos infográficos y cartográficos en el campo de la edificación.

[6] Aptitud para trabajar con la instrumentación topográfica y proceder al levantamiento gráfico de solares y edificios, y su replanteo en el terreno.

- La competencia [1], sobre capacidad de visión espacial, aparece en todas las titulaciones de Grado en Ingeniería. (Excepto Grado en Ingeniería Informática y Grado en Ingeniería de Telecomunicaciones).
- La competencia [3], aparece en la titulación de ingeniería industrial, en el módulo de formación de tecnología Mecánica, de modo que se desarrollará en la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica.
- Las competencias [2,4,5,6] se deben desarrollar en la titulación Grado en Ingeniería de la Edificación.

En resumen:

- En el primer curso, todas las titulaciones de Grado en Ingeniería, tendrán al menos una asignatura para cubrir la competencia de formación básica [1].
- Según las directrices del Real Decreto 1393/2007 las titulaciones estarán adscritas a una rama de conocimiento, y en el caso de Grado de Ingeniería Informática (adscrita a la rama de Arquitectura e Ingeniería), algunas universidades como la Universidad de la Laguna, ha introducido como formación básica la asignatura de Expresión Gráfica.
- Las titulaciones, que por su especialidad deben desarrollar más competencias en representaciones gráficas como es el caso de Grado en Ingeniería Mecánica y Grado en Ingeniería de la Edificación dispondrán de más créditos de formación ECTS.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de la denominación que han adoptado las asignaturas relacionadas con ingeniería gráfica en los planes de estudios de distintas universidades, para cubrir las competencias mencionadas anteriormente:

Universidad	Titulación	Competencia	Nombre de la Asignatura
Univ. de La Laguna	Grado en Ingeniería Eléctrica Grado en Ingeniería Química Grado en Ingeniería Informática	[1]	Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador.
Univ. de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica	[1, 3]	Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador. Ingeniería Gráfica.
Univ. Pol. de Cataluña. (Todos los centros)	Grado en Ingeniería Mecánica	[1,3]	Expresión Gráfica. Ampliación Expresión Gráfica.
Univ. Autónoma de Barcelona	Grado en Ingeniería Mecánica	[1,3]	Expresión Gráfica. Ampliación de Expresión Gráfica.
Univ. Autónoma de Barcelona	Grado en Ingeniería Eléctrica	[1]	Expresión Gráfica.
Univ. Carlos III	Grado en Ingeniería Mecánica	[1,3]	Expresión Gráfica en la ingeniería. Diseño Industrial.
Univ. Extremadura	Grado en Ingeniería Civil en Construcciones Civiles Grado en Ingeniería Civil en Hidrología Grado en Ingeniería Civil en Transporte y Servicios Urbanos	[1]	Dibujo I Dibujo II

(Continúa)

(Continuación)

Universidad	Titulación	Competencia	Nombre de la Asignatura
Univ. Extremadura	Grado en Ingeniería de las Explotaciones Agropecuarias Grado en Ingeniería de las Industrias Agrarias y Alimentarias	[1]	Dibujo y sistemas de representación.
Univ. Extremadura	Grado en Ingeniería de la Edificación	[2,4,5,6]	Fundamentos de Expresión Gráfica. Dibujo I - Dibujo II - Dibujo III Geometría descriptiva.
Univ. Extremadura	Grado en Ingeniería Mecánica	[1,3]	Expresión Gráfica y DAO. Dibujo Industrial.
Univ. Extremadura	Grado en Ingeniería Geomática y Topografía	[1]	Expresión Gráfica.
Univ. Tecnum (Navarra)	Grado en Ingeniería Mecánica	[1,3]	Técnicas de Representación. Diseño industrial. CAD/CAM/CAE.
Univ. Pol. de Valencia	Grado en Ingeniería Mecánica	[1,3]	Expresión Gráfica I. Sistemas de Representación.
Univ. Pol. de Valencia	Grado en Ingeniería Eléctrica Grado en Ingeniería Química Grado en Ingeniería Aeroespacial	[1]	Expresión Gráfica.
Univ. Pol. de Valencia	Grado en Ingeniería de Obras Públicas	[1]	Dibujo. Sistemas de Representación.
Univ. Pol. de Valencia	Grado en Ing. Agroalimentaria y del Medio Rural	[1]	Representación Gráfica en la Ingeniería.
IE Universidad (Segovia)	Grado en Ingeniería Edificación	[2,4,5,6]	Expresión Gráfica Avanzada. Expresión Gráfica de la Edificación.

Tabla 1.1 Denominación de asignaturas relacionadas con Ingeniería Gráfica, por titulación y universidad en el marco EEES.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

- Interés académico.

En el entorno académico, los profesores de Expresión Gráfica se encuentran con estudiantes que tienen dificultades para resolver las tareas que requieren habilidades de visualización y razonamiento espacial. Los profesores de esta materia, a menudo argumentan que estar dotado de habilidad espacial es necesario para comprender las asignaturas de Expresión Gráfica. Incluso algunos autores han hecho referencia a que los ingenieros deben tener buen nivel en capacidad espacial (Adánez & Velasco, 2002), (Sorby S. , 1999a).

En los actuales planes de estudios de las titulaciones donde aparece la asignatura de Expresión Gráfica (previo al cambio EEES), no se hace referencia a proporcionar un desarrollo o capacitar a los alumnos en adquirir capacidad espacial. Los descriptores de los contenidos a desarrollar generalmente son: sistemas de representación, normalización y dibujo asistido por ordenador. Ante estos descriptores, y debido al poco tiempo para desarrollar los contenidos de la asignatura los profesores no llegan a plantearse cómo hacer que un alumno pueda desarrollar las habilidades mentales de rotación de objetos, razonamiento espacial,... (Navarro, Saorín, Martín-Dorta, & Martín Gutiérrez, 2006).

Existe un vacío en los programas de Expresión Gráfica, referente a dotar a los alumnos de capacidad espacial, que en caso de cubrirlo, se podría conseguir que aquellos alumnos con mayores dificultades para comprender los sistemas de representación superen esta dificultad.

El interés que hubo por realizar este trabajo doctoral fue impulsado por el deseo de ayudar a los estudiantes a desarrollar los procesos mentales de tres dimensiones y a mejorar su pensamiento espacial, para que puedan encontrar soluciones de representación a los problemas geométricos.

Una de las tareas del trabajo del profesor de Expresión Gráfica es que los estudiantes puedan ver los objetos tridimensionales directamente en el espacio tridimensional real y puedan manipularlos, es decir conseguir que los estudiantes interaccionen con ellos, ya sean objetos físicos o virtuales. Con ellos los alumnos pueden generar procesos mentales, procesar las formas geométricas, imaginar su representación, solucionar problemas geométricos... Esto apoya el razonamiento espacial y ayuda a resolver los problemas de la representación gráfica de cualquier elemento real (Miller, 1992), (Vander Wall, 1981).

Es cierto que los sistemas de representación mejoran la capacidad espacial, (Németh, 2007) (Leopold, Górska, & Sorby, 2001), pero también es cierto que no todos los alumnos tienen la misma habilidad para visualizar los contenidos de geometría descriptiva, de modo que es necesario dotarles de un buen nivel de habilidad espacial para que puedan seguir los contenidos del programa de Expresión Gráfica con menor dificultad.

El nuevo marco Europeo de Educación Superior implica un cambio en los planes de estudios a gran escala para todas las titulaciones que se imparten en las universidades españolas. Estos planes de estudios están formulados para desarrollar competencias en los alumnos, de forma que las asignaturas se organizan para desarrollarlas. En las titulaciones de Grado en Ingeniería, la competencia "capacidad de visión espacial....." se desarrollará en asignaturas que se denominarán Expresión Gráfica, Ingeniería Gráfica, o nombres similares, dependerá de la nomenclatura que adopte cada institución universitaria.

- **Interés científico.**

A lo largo del trabajo desarrollado en esta tesis, se hará referencia a varios estudios científicos internacionales sobre la necesidad de disponer de habilidad espacial y la forma de mejorarla.

En España, esta línea investigación ha pasado de forma muy somera, algunos son simplemente estudios iniciales o acercamientos a la problemática de cómo desarrollar la HE (Urraza & Ortega, 2009), (Muñoz, Lázaro, Gutiérrez, Jiménez, & Ariza, 2009); otros estudios adoptan forma de tesis doctoral aplicados en un contexto determinado:

- cómo influyen las asignaturas de Expresión Gráfica en la adquisición de habilidades espaciales (Dominguez Posada, 1994), (Saorín J. , 2006),
- propuesta metodológica en la asignatura Expresión Gráfica para el desarrollo de las habilidades espaciales (Torner Ribé, 2009).

En otros ámbitos no relacionados con la Ingeniería Gráfica, se han realizado trabajos doctorales relacionados con la habilidad espacial:

- Lara Temiño (2004), desarrolla un entrenamiento multimedia para ayudar a los estudiantes de niveles de secundaria para mejorar la visión espacial, y
- Burgos Postigo (2005), realiza un estudio en el que relaciona los factores de inteligencia (especialmente el factor espacial) con las tareas motrices que se realizan al practicar deportes.

Por otro lado, la Secretaría de Estado de Universidades, dependiente del Ministerio de Educación Ciencia e Innovación, el 6 de febrero de 2009, publicó una convocatoria con objeto de subvencionar acciones con cargo al Programa de Estudios y Análisis, destinadas a mejorar la calidad de la enseñanza superior y la actividad del profesorado universitario.

El grupo de investigación al que pertenezco, DEHAES³, tiene concedido un proyecto de investigación dentro de este programa. El proyecto de investigación lleva por título "Evaluación y desarrollo de las competencias asociadas a la capacidad de visión espacial en los nuevos títulos de grado de Ingeniería", en él se incluyen parte de los trabajos desarrollados en ésta tesis doctoral.

1.5 CONTEXTO DE LA TESIS.

La tesis se enmarca dentro del ámbito docente de asignaturas de Expresión Gráfica y la investigación realizada trata de mejorar de la capacidad espacial en los estudiantes de ingeniería. Para ello se proponen herramientas y cursos de formación, y se estudia la viabilidad para su utilización en las aulas de las titulaciones técnicas. El contexto en el que se desarrolla la investigación, por un lado, gira en torno a mejorar una componente de la inteligencia (componente o factor espacial) y por otro lado, el entorno por el que se ve afectado todo el trabajo desarrollado en la tesis.

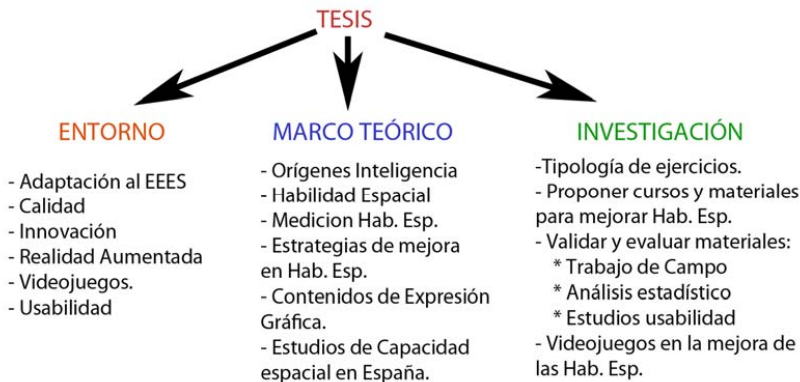


Fig. 1. 2 Contexto de la Tesis Doctoral.

El **marco teórico** en el que se encuadra el trabajo doctoral, tiene que ver por un lado con los factores que forman la inteligencia, en concreto la habilidad espacial y las herramientas para medir dicha habilidad y por otro, la necesidad por parte los estudiantes de ingeniería, de disponer de un buen nivel de habilidad espacial que les facilitará comprender los contenidos de Expresión Gráfica y les ayudará en la realización de las actividades ingenieriles recurriendo a la representación gráfica.

El **entorno** en el que se desarrolla este trabajo doctoral es en primer lugar consecuencia del nuevo modelo de Educación Superior Europeo, que implica que en los nuevos planes de estudios, los estudiantes deben desarrollar competencias, y una de las que aparece en todas las titulaciones de ingeniería es "*la capacidad de visión espacial*".

³ www.degarin.com/dehaes

Las Órdenes Ministeriales por las que se establece los requisitos para la verificación de títulos de enseñanzas universitarias oficiales de Grado, no especifica la definición de capacidad espacial. En el contexto de esta tesis, se asume que el término capacidad de visión espacial es el que se entiende en el entorno de psicología como *factor espacial*, que es una componente de la inteligencia.

Las propuestas metodológicas y los materiales que puedan llegar a crearse, pretenden mejorar la docencia de Expresión Gráfica. La tecnología de realidad aumentada y las herramientas de ocio y entretenimiento utilizadas, dotan a este trabajo de un carácter innovador y a partir de la colaboración de los estudiantes que participan en los cursos de validación, se obtendrán resultados de satisfacción y usabilidad.

La tesis estará influenciada por aspectos psicológicos, en cuanto al tratamiento de la componente de la inteligencia (factor espacial), aspectos pedagógicos, tecnológicos en cuanto al uso de tecnologías utilizadas en las metodologías, experimentales en cuanto al trabajo de campo para realizar los cursos con los alumnos y estadísticos para obtener resultados y realizar análisis.

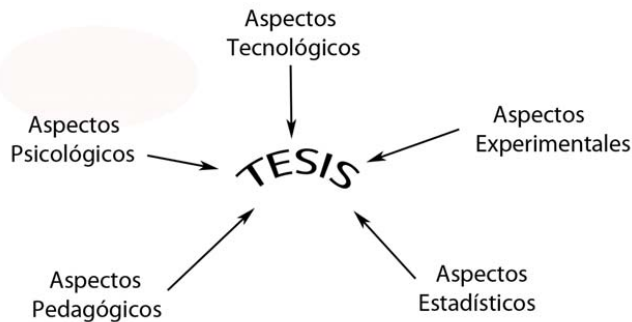


Fig. 1.3 Áreas de influencia en la tesis

En el siguiente apartado se expone de forma detallada los objetivos de la tesis, como preámbulo se indicará que la **investigación** realizada se centra en recopilar ejercicios utilizados en asignaturas de Expresión Gráfica dentro del ámbito universitario español, con objeto de crear tipologías de ejercicios y proponer materiales didácticos soportados en diferentes plataformas y bajo distintas metodologías para ser evaluados mediante cursos de corta duración realizados por alumnos de nuevo acceso a titulaciones de ingeniería. Los resultados de los niveles alcanzados por los participantes en los cursos, serán tratados y analizados mediante técnicas estadísticas de forma que los materiales desarrollados sean validados como herramientas de desarrollo de la habilidad espacial. Se realizará también una selección de videojuegos que puedan ser óptimos para mejorar la capacidad espacial, y se planificará un entrenamiento de corta duración utilizando el videojuego comprobando estadísticamente su efecto en la mejora adquirida por los participantes. Se estudiará el efecto que tiene el uso de los videojuegos en distintas plataformas, para ser utilizadas como herramientas de desarrollo de la habilidad espacial en el ámbito de la ingeniería. En concreto se analizará el uso de la consola de videojuego Nintendo DS, por su analogía a los interfaces caligráficos y poder interactuar con elementos que aparecen en la pantalla mediante un lápiz táctil.

1.6 OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es desarrollar herramientas y materiales didácticos, validados y evaluados, dentro del ámbito de la ingeniería para el desarrollar la habilidad espacial en los alumnos de titulaciones de ingeniería y dotarles de contenidos básicos de Expresión Gráfica. Con el material generado se pretende incidir en la mejora de la calidad docente en las asignaturas relacionadas con Expresión Gráfica.

El trabajo de esta tesis se centra la búsqueda de materiales y herramientas que pueden mejorar en mayor medida la capacidad espacial. El motivo de intentar desarrollar esta habilidad, es porque la capacidad de visión espacial, es un aspecto clave para el estudiante de ingeniería, ya que como futuro ingeniero / diseñador le ayudará a comunicarse con el resto de los intervinientes en los procesos de ingeniería mediante la representación gráfica. Además también le dota de la capacidad de imaginar, necesaria para proyectar nuevas formas que respondan a necesidades planteadas en los problemas de diseño.

Se realiza una búsqueda bibliográfica para conocer el estado actual sobre resultados, herramientas, contenidos y metodologías utilizados en la investigación relacionada con la habilidad espacial y centrando el trabajo doctoral en proponer nuevas herramientas y metodologías que garanticen el desarrollo de la HE en los estudiantes. Se analiza desde el punto de vista estadístico, cuáles de las propuestas mejoran en mayor medida la capacidad espacial y finalmente se desarrolla un estudio de usabilidad de las herramientas desarrolladas, así como de satisfacción por parte de los estudiantes que participan en las pruebas de campo.

Los objetivos específicos en la tesis son los siguientes:

1. **Ampliar la clasificación existente de ejercicios para el desarrollo de las habilidades espaciales.**
 - a. Obtener nuevas tipologías de ejercicios.
2. **Tipificar y validar los ejercicios recopilados en la investigación, en relación al desarrollo de las habilidades espaciales mediante la realización de pruebas de campo con alumnos universitarios.**
 - a. Recopilar ejercicios utilizados en asignaturas de Expresión Gráfica y tipificarlos.
 - b. Organizar cursos de corta duración, con objeto de entrenar la habilidad espacial. Crear material con contenidos didácticos y ejercicios tipificados, en distinta plataformas y con distinta metodología.
 - c. Comprobar que la habilidad espacial se desarrolla mediante los cursos de entrenamiento propuestos.
 - d. Comprobar el efecto que tiene la duración del entrenamiento con respecto al nivel de capacidad espacial obtenido.
3. **Obtener una recopilación y clasificación de videojuegos en función de las tareas geométricas que deben realizarse cuando se juega. Se obtendrá una recopilación de videojuegos en plataforma PC y otra de videojuegos para plataforma portátil con pantalla táctil y lápiz electrónico (Nintendo DS).**

- a. Búsqueda de un videojuego disponible en las dos plataformas, que contenga componentes geométricas que a priori, nos pueda hacer pensar que su uso pueda desarrollar la habilidad espacial.
 - b. Validar el videojuego seleccionado en relación al desarrollo de la habilidad espacial mediante experiencias de campo con alumnos universitarios.
4. Establecer comparaciones en cuanto al desarrollo de la habilidad espacial obtenida por los participantes en los distintos tipos de entrenamientos realizados.
 5. Establecer cuál es la metodología óptima en función de los contenidos formativos en ingeniería para desarrollar la habilidad espacial.

1.7 METODOLOGÍA, HIPÓTESIS Y PLAN DE TRABAJO

La metodología seguida para realizar la tesis ha sido en primer lugar, la realización de una búsqueda bibliográfica en los siguientes términos, conocer el origen la concepción del término habilidad espacial y cuantas influencias están implicadas (medición, diferencia de género, tipos de entrenamiento, herramientas de entrenamiento, relación con la ingeniería y con las asignaturas gráficas ...)

Para la fase experimental de esta tesis ha sido necesario crear herramientas y materiales docentes. En cuanto al material docente se realiza una recopilación, clasificación y selección de ejercicios y en cuanto a herramientas se consideraron las que podrían ser atractivas para los estudiantes.

Las actividades desarrolladas en esta tesis han sido:

- Definición del marco teórico y revisión bibliográfica:
 - o Evolución histórica sobre la concepción de inteligencia y su estructura.
 - o Estado actual de la investigación en el campo de la habilidad espacial.
 - o Estrategias que desarrollan la HE y herramientas para medirla en el ámbito de la ingeniería.
 - o Situación de las asignaturas de Expresión Gráfica en el sistema universitario español.
 - o Revisión bibliográfica de la tecnología de realidad aumentada, para conocer las soluciones que distintos autores han aportado a herramientas similares a la que se propone en esta tesis como una estrategia para desarrollar las HE.
- Establecimiento de las estrategias que se van a llevar a cabo en los estudios experimentales, para lo cual se han realizado las siguientes actuaciones:
 - o Recopilación y selección de videojuegos utilizados en PC para desarrollar la HE.
 - o Recopilación y selección de videojuegos utilizados en Nintendo DS para desarrollar la HE.
 - o Recopilación y selección de actividades que desarrollan la HE para adaptarlas a la tecnología de RA
 - o Recopilación, selección y tipificación de ejercicios utilizados en asignaturas de Expresión Gráfica para desarrollar la HE.

- Recopilación y selección del contenido didáctico de sistema diédrico para desarrollar la HE.
- Creación del material docente y herramientas para cada uno de los estudios experimentales. Se realizan los manuales que seguirán los estudiantes en cada estudio experimental (manual para curso basado en RA, manual para curso basado en sistema diédrico, manual basado en ejercicios seleccionados de Expresión Gráfica), así como dos herramientas:
 - Aplicación AR_Dehaes, basada en tecnología de RA. En colaboración con el Laboratorio LabHuman de la Universidad Politécnica de Valencia.
 - Aplicación Diedro-3D, realizada por el profesor Fco. Albert Gil. En colaboración con el profesor Albert Gil, se desarrollan los ejercicios y explicaciones teóricas del manual del curso de diédrico, para que puedan ser visualizados en Diedro-3D.
- Desarrollo de una ficha de datos con objeto de conocer la población que participará en los estudios experimentales.
- Estudio, diseño y desarrollo de encuestas de satisfacción de los participantes en cada uno de los estudios experimentales.
- Diseño de las encuestas de usabilidad para las herramientas informáticas utilizadas en los estudios experimentales.
- Planificación y desarrollo de los estudios experimentales. Se han desarrollado 6 cursos, en los que se han probado las distintas herramientas y metodologías.
 - Trabajo de campo: medición de las habilidades espaciales en los alumnos que acceden da la universidad y desarrollo de los cursos.
- Análisis de los datos utilizando las técnicas estadísticas que mejor se adaptan a las hipótesis de la investigación.
- Estudios de usabilidad de las herramientas desarrolladas y satisfacción de los alumnos.
- Algunos de los trabajos realizados, bajo la supervisión de los directores de la tesis se han presentado a congresos del ámbito de la ingeniería-educación y en revistas científicas incluidas en el JCR. No sólo se difunde entre la comunidad investigadora el trabajo realizado, sino que además existe un feedback en los congresos que permite plantearse nuevas formas de seguir la investigación. El feedback es mutuo, por lo que también se conoce de primera mano el trabajo realizado por otros investigadores a nivel nacional e internacional, con la oportunidad de entablar debates sobre cuestiones concretas, y adquiriendo una visión generalizada sobre los intereses actuales de investigación y próximos desarrollos.
- En colaboración con la profesora D^a. Norena Martín Dorta, profesora del Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de La Laguna, se crea un sitio web, que aporta visibilidad al trabajo realizado y permite descargar los materiales didácticos desarrollados en esta tesis.
- Redacción del trabajo desarrollado en la tesis.

1.7.1. Planificación.

La siguiente tabla muestra la planificación temporal de cada una de las actividades y acciones llevadas a cabo en este trabajo doctoral. Se incluyen las actuaciones dedicadas a difundir el trabajo desarrollado y las estancias realizadas en el departamento de Ingeniería Gráfica de UPV, con objeto de mantener contacto directo y cercano con los directores de este trabajo doctoral.

CALENDARIO		ACTIVIDADES	CONGRESOS, PUBLICACIONES Y DIFUSIÓN		ESTANCIAS
2007	MAY	ACTIVIDAD 1. ESTABLECIMIENTO DEL SITIO WEB DEL TRABAJO Y MANTENIMIENTO DEL MISMO.	ACTIVIDAD 2. PREPARACIÓN Y DESARROLLO DE PRUEBA PILOTO SOBRE LA VIABILIDAD DE CURSOS DE INTENSIFICACIÓN BASADOS EN VIDEOJUEGOS COMERCIALES PARA EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES ESPACIALES.	ARTICULOS JCR	CONGRESOS-OTROS
	JUN				
	JUL				
	AGO				
	SEP				
	OCT				
	NOV				
	DIC				
2008	ENE	ACTIVIDAD 3. ESTUDIO, RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA. ESTUDIO DE PROCESOS DE USABILIDAD.	Preparación artículo: Do Video Games improve spatial abilities of engineering students? Enviado IJEE		
	FEB				
	MAR				
	ABR				
	MAY	ACTIVIDAD 4. SELECCIÓN Y DESARROLLO DE MATERIAL PARA CURSOS DE DESARROLLO DE HE. PLANIFICACION DE LOS CURSOS. ESTABLECIMIENTO DE HERRAMIENTAS PARA MEDIR USABILIDAD.		XX Congreso Ingegraf 2008 – VALENCIA- ESPAÑA (Dos publicaciones)	
	JUN				
	JUL				
	AGO	ACTIVIDAD 5. DESARROLLO DE PRUEBAS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES BASADAS EN DISTINTAS METODOLOGIAS.			
	SEP				
	OCT				
NOV	ACTIVIDAD 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	Preparación artículo: Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. Enviado Computer-Graphics		Estancia 1: Dto Ingeniería Gráfica UPV	
DIC			Preparación artículo: Dynamic 3-Dimensional illustrator for Teaching Descriptive Geometry and Training Visualisation Skills. Enviado JCAEE		
2009	ENE				
	FEB			Jornadas científicas en ETSICI (Univ. de La Laguna)	
	MAR				
	ABR			Conferencia Univ. Jaén	

(Continúa)

(Continuación)

CALENDARIO		ACTIVIDADES	CONGRESOS, PUBLICACIONES y DIFUSIÓN	ESTANCIAS	
	MAY				
	JUN			XXI Congreso Ingegraf 2009-LUGO-ESPAÑA (Publicación seleccionada para mesa redonda)	
	JUL		ACTIVIDAD 7. REDACCION DEL DOCUMENTO TESIS DOCTORAL.	Preparación artículo: La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. Envío Revista DYNA	
	AGO	ACTIVIDAD 7. REDACCION DEL DOCUMENTO TESIS DOCTORAL.		Estancia 2: Dto Ingeniería Gráfica UPV	
	SEP				
	OCT				
	NOV				
	DIC		-Videojuegos Publicado Revista IJEE. Vol 25(6) -Revista DYNA Publicado Vol. 84(9)		
2010	ENE	ACTIVIDAD 8. REVISIONES Y CORRECCIONES DEL DOCUMENTO TESIS DOCTORAL.	Preparado dos artículos para congresos: ICALT2010 e ITS2010 . Publican en IEEE Computer Society's y Lectures Notes respectivamente	Exposición en 8th International Conference on Education (HAWAI)	
2010	FEB		Realidad Aumentada. Publicado en Computer-Graphics. Vol 34 (1) .	Aceptacion de los dos artículos en congresos ICALT2010 e ITS2010	

1.7.2. Límites de la investigación.

Esta tesis tiene un carácter teórico-práctico. El mayor peso del trabajo desarrollado recae en los cursos de intensificación desarrollados, aunque se ha realizado una amplia revisión bibliográfica para conocer el estado del arte en cuanto a inteligencia y habilidades espaciales, realidad aumentada, metodologías y herramientas utilizadas en asignaturas de Expresión Gráfica, y usabilidad. Esta revisión bibliográfica ha sido relevante para poder obtener los objetivos que se persiguen. En la parte práctica se han desarrollado seis cursos de intensificación para la obtención de conclusiones sobre la adquisición y mejora de la capacidad espacial así como sobre las preferencias del alumnado en cuanto a las metodologías utilizadas.

Al comienzo de la tesis no se había planteado un número determinado de cursos ni una tecnología específica, sino que fueron surgiendo durante el transcurso de la investigación. Lo que sí fueron objetivos claros era: "utilizar los videojuegos comerciales", "buscar los ejercicios que son utilizados con mayor frecuencia en la docencia de asignaturas de Expresión Gráfica y que pueden desarrollar la habilidad espacial" y "corroborar que el sistema de representación diédrico realmente influye en el desarrollo de la habilidad espacial".

En la parte práctica, después de obtener una selección de ejercicios para crear materiales docentes que pudieran desarrollar las HE, se plantean varias estrategias para darles

forma. Una de las estrategias que se realizó fue utilizar la tecnología de realidad aumentada, lo que ha supuesto, invertir tiempo en una revisión bibliográfica para poder hacer desarrollos con esta tecnología y conocer las aplicaciones que distintos autores han aportado.

1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS.

Esta tesis está estructurada en dos volúmenes. El primer volumen contiene siete capítulos y un apéndice. El segundo volumen contiene diez anexos.

Los contenidos son los siguientes:

CAPÍTULO 1: Introducción.

En este capítulo se realiza una descripción general del trabajo desarrollado en esta tesis. Se expone el contexto en el que se enmarca el trabajo doctoral, justificación de dicho trabajo así como objetivos que se persiguen. Se describe la metodología y el plan de trabajo llevado a cabo y se hace referencia a las contribuciones que aporta ésta tesis y las publicaciones generadas por la misma.

CAPÍTULO 2: Marco teórico y revisión bibliográfica.

Se realiza una revisión de los aspectos concernientes a esta tesis. El capítulo está dividido en tres bloques, haciendo un estudio del estado del arte de los siguientes aspectos:

- En un primer bloque se localiza el momento en que surge la concepción de la habilidad espacial. Para ello se aborda el estado del arte en los comienzos en que se intenta definir y cuantificar la inteligencia y la aparición de los primeros test para medirla. Se hace referencia a las principales teorías que indican que la inteligencia está formada por varios factores, se centra el estudio en el factor espacial, y se analizan las componentes que la integran, herramientas para medirlas, la importancia de disponer de capacidad de visión espacial, la necesidad de mejorar esta capacidad. Se exponen las aportaciones más relevantes en referencia a las diferencias en niveles de capacidad espacial por género. Se indica y justifica, la importancia y necesidad de disponer de buen nivel de capacidad espacial en la profesión del ingeniero en general.
- En el segundo bloque se exponen las estrategias utilizadas en el ámbito académico para desarrollar la habilidad espacial y se incluye una recopilación de herramientas y estrategias que han sido objeto de estudios de validación en el ámbito de ingeniería. En este bloque se justifica, a partir de las aportaciones de varios investigadores, el hecho de que los videojuegos tienen un efecto positivo en la adquisición de la habilidad espacial y también se incluye una recopilación de herramientas / aplicaciones web que han sido utilizadas con objeto de desarrollar la habilidad espacial.
- En el tercer bloque de este capítulo, y considerando que en las asignaturas de Expresión Gráfica hay que dotar a los estudiantes de capacidad de visión espacial, se realiza una reflexión sobre la posición que ocupan estas asignaturas en el sistema universitario español y cómo se prevé que será en la nueva estructura de enseñanza universitaria consecuencia del Espacio Europeo de Educación Superior.

CAPÍTULO 3: Recopilación y tipificación del material utilizado en la investigación.

En ese capítulo se explica el proceso para recopilar, tipificar y seleccionar las actividades, los ejercicios y herramientas para crear el material didáctico para proponer distintos cursos de formación en el desarrollo de la habilidad espacial.

Para proponer los cursos de videojuegos se realizó una recopilación de juegos que por sus características podrían desarrollar esta habilidad (recopilación de videojuegos para PC y para Nintendo DS). Para un curso basado en realidad aumentada, se realizó una selección a partir de la tipología de ejercicios propuesta por Pérez Carrión y Serrano Cardona (1998), que podrían adaptarse para utilizarlos con esta tecnología. Para un curso basado en geometría descriptiva, se seleccionan los contenidos y ejercicios que por sus características facilitan la visión espacial. En un curso basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica, se recopilan ejercicios y actividades realizadas por los profesores universitarios de Expresión Gráfica, son clasificados en función de las tareas espaciales que se trabajan en cada uno de ellos y se establecen tipologías de ejercicios. Se seleccionan los ejercicios que con más frecuencia utilizan los docentes con sus alumnos y se propone un cuaderno de apuntes y ejercicios que trabajan todas las tareas espaciales que contienen los test de medición espacial.

CAPÍTULO 4: Estudios Experimentales.

En esta tesis se realizan seis cursos, utilizando diferentes estrategias para desarrollar la habilidad espacial. En este capítulo se describen los cursos realizados con estudiantes de nuevo ingreso en las titulaciones técnicas de la Universidad, con objeto de mejorarles su nivel de capacidad de visión espacial. Los cursos están basados en distintas herramientas y estrategias metodológicas: Curso de desarrollo de HE basado en videojuego con PC, basado en videojuego con Nintendo DS, actividades de Expresión Gráfica en Realidad Aumentada, basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica, basado en sistema diédrico, basado en sistema diédrico con apoyo de la aplicación Diedro-3D.

El efecto de realizar cada uno de los cursos, proporciona una mejora significativa de la capacidad espacial que es analizada mediante técnicas estadísticas. Además de realizan varios estudios: comparación de curso (plataforma Pc vs Nintendo DS, Sistema Diédrico vs Sistema Diedrico+Diedro3D), influencia del factor género en los cursos basados en sistema diédrico, comparación en función del tiempo de entrenamiento.

CAPÍTULO 5: Análisis y discusión de Resultados.

En este capítulo se comparan estadísticamente todos los cursos realizados y se establece un ranking en función de la mejora de capacidad espacial obtenida, de forma que es posible identificar la estrategia que desarrolla en mayor medida la habilidad espacial. Se crean modelos matemáticos para estimar a partir del nivel de capacidad espacial que tiene un estudiante, cuál será el nivel que alcanzará en función de realizar un tipo u otro de entrenamiento (curso). Se compara de forma visual los resultados obtenidos en los cursos realizados en esta tesis, con otras experiencias similares realizadas en el ámbito nacional e internacional. Termina el capítulo con una reflexión de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 6: Estudios de Usabilidad.

Además de la mejora de la capacidad espacial que un determinado entrenamiento puede producir, hay que tener en cuenta entre otros, la satisfacción, la motivación y lo a gusto que se ha sentido el participante al realizar el entrenamiento. Para obtener los datos de usabilidad y poder generar los resultados, se diseñaron encuestas de usabilidad para cada uno de los cursos. En este capítulo se exponen los resultados de satisfacción, eficiencia y eficacia de los entrenamientos realizados con realidad aumentada, sistema diédrico y con

ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica. También se realiza el estudio de usabilidad de la aplicación informática Diedro-3D.

CAPÍTULO 7: Conclusiones y desarrollos futuros.

En este capítulo, se indican las conclusiones del trabajo desarrollado, apoyadas por la discusión y reflexión realizada en capítulo 6. Se presenta la que se considera metodología óptima que los estudiantes de nuevo acceso a las titulaciones técnicas pueden utilizar para desarrollar la habilidad espacial y aprender los contenidos básicos de sistemas de representación gráfica, mediante un corto entrenamiento realizado a comienzos del curso académico. También se indican las líneas futuras de trabajo que se prevé continuar.

APÉNDICE: Realidad Aumentada. Una tecnología emergente.

Con carácter divulgativo e informativo se ofrece al lector un acercamiento a la tecnología de realidad aumentada. El documento contiene un breve recorrido histórico sobre el desarrollo de esta tecnología hasta el momento actual y se comentan algunas de las aplicaciones más relevantes desarrolladas con esta tecnología. También se explican los fundamentos matemáticos y componentes del sistema. Con objeto de aportar información para la creación de herramientas basadas en RA, se ofrece información sobre los equipos y software que pueden utilizarse.

ANEXOS

Se añaden los materiales didácticos confeccionados para realizar los cursos de formación y otros documentos de interés que forman parte de este trabajo doctoral.

1.9 CONTRIBUCIONES APORTADAS Y RESULTADOS.

En el desarrollo de esta tesis, se considera que las aportaciones más relevantes son:

- **Curso de entrenamiento de HE utilizando videoconsola Nintendo DS.** Primera experiencia de entrenamiento para desarrollar la habilidad espacial mediante un curso planificado utilizando el lápiz para pantalla táctil de la videoconsola Nintendo DS.
- **Curso de entrenamiento de HE utilizando ordenador personal (PC).** En paralelo con el curso anterior, se realiza un entrenamiento utilizando el mismo videojuego, pero en plataforma PC (experiencia similar ha sido realizada por Okagaki & Frensch (1994), con alumnos de nivel de estudios de secundaria, en esta tesis se realiza a nivel universitario).
- Comparación entre los niveles alcanzados en ambos cursos para conocer qué tipo de plataforma ayuda en mayor medida en el desarrollo de la HE.
- Desarrollo de materiales docentes y herramientas:
 - **Recopilación de ejercicios utilizados por profesores de asignaturas de Expresión Gráfica en las titulaciones de ingeniería en España.** Se seleccionan y clasifican para crear los materiales que se utilizarán en cursos de corta duración para desarrollar las HE.
 - **Nuevos tipos de ejercicios** para ampliar la tipología actual que normalmente son utilizados para desarrollar la HE.
 - **Primera aplicación orientada a mejorar la capacidad espacial mediante ejercicios de expresión gráfica en los estudiantes de**

- ingeniería, utilizando tecnología de Realidad Aumentada (AR_DEHAES).
- **Contenidos de sistema diédrico para ser utilizarlos en la aplicación informática (DIEDRO-3D)**, que permite visualizar de forma dinámica e interactiva, dichos contenidos.
 - **Manuales de apuntes y ejercicios** para los distintos tipos de cursos de formación en el desarrollo de habilidad espacial.
 - **Planificación de varios cursos de corta duración para desarrollar la habilidad espacial:**
 - **Curso basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.** El material está basado en una recopilación, selección y clasificación de ejercicios utilizados en asignaturas de Expresión Gráfica de primer curso de ingenierías.
 - **Curso basado en contenidos de sistema diédrico.** El material es una selección de los contenidos fundamentales de sistema diédrico, asociado a este material, la aplicación informática **Diedro-3D**, permite visualizar de forma dinámica los contenidos teóricos del material escrito. El curso se puede impartir en dos versiones, una configurada de forma que el profesor imparte el curso mediante clases magistrales utilizando la pizarra y otra con apoyo de Diedro-3D, de forma que cada alumno dispone de un ordenador para manipular los gráficos.
 - **Curso basado en ejercicios de volúmenes mediante Realidad Aumentada.** Algunos de los ejercicios que integran este curso han sido utilizados por otros autores con el fin de desarrollar la habilidad espacial, mediante herramientas web, o croquizados (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998), (Ramos, García, Baños, Melgosa, García, & Sainz, 2001-02). En este curso, los volúmenes son visualizados mediante tecnología de Realidad Aumentada.
 - **Análisis y resultados:**
 - Demostración que en un corto espacio de tiempo (9 horas) los sistemas de representación, en concreto sistema diédrico, desarrolla la habilidad espacial.
 - Comparación de la mejora obtenida por los alumnos, en función utilizar la aplicación Diedro-3D como apoyo docente o no utilizarla.
 - Estudio de cómo afectan en el desarrollo de la HE los contenidos de sistema diédrico en función del género.
 - Estudio de cómo afecta la duración del entrenamiento en la adquisición de la HE.
 - Comparación de resultados de los cursos realizados, orientado a establecer un ranking de cual mejora en mayor medida la capacidad espacial.
 - Modelos de predicción de mejora que se puede alcanzar en función del curso de formación que se va a realizar.
 - Estudios de satisfacción aplicados en la docencia de contenidos de expresión gráfica.
 - Estudios de usabilidad en una aplicación de Realidad aumentada (AR_Dehaes) y en una aplicación informática (DIEDRO-3D).

1.10 ARTÍCULOS, PONENCIAS EN CONGRESOS Y DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

ARTÍCULOS INDEXADOS EN SCIENCE CITATION INDEX. (JCR)

1. Martín- Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students?. *International Journal of Engineering Education*, 25(6), 1194-1204.
2. Martín- Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D.C., Ortega, M. (2009). Design and Validation of an Augmented Book for Spatial Abilities Development in Engineering Students. *Computer & Graphics*, 34(1), 7-91.

ARTÍCULOS EN REVISTAS INDEXADAS EN EXPANDED JOURNAL CITATION INDEX. (E-JCR)

1. Saorín, J.L., Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Navarro, R. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA. Ingeniería e Industria*, 84(9), 721-732.

ARTÍCULOS y PONENCIAS EN CONGRESOS

1. Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Alcañiz, M., Saorín, J.L. (2010). AR_Dehaes: An Educational Toolkit Based on Augmented Reality Technology for Learning Engineering Graphics. *Aceptado en The 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. (ICALT'2010)*. 5-7 Julio. Sousse. Tunisia.
2. Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Alcañiz, M. (2010) Evaluating the Usability of an Augmented Reality Based Educational Application. *Aceptado en Tenth International Conference on Intelligent Tutoring Systems. (ITS'2010)*. 14-18 Junio. Pittsburgh. USA.
3. Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Martín-Dorta, N., & Saorín, J. (2010). Applying Augmented Reality in Engineering Education. *Proceeding of the 8th International Conference on Education*, (págs.1619-1626). Honolulu, Hawaii.
4. Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2009). La Capacidad de Visión Espacial en el Contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. *XXI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Lugo, España. [Elegida para debate en Mesa Redonda]
5. Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2008). Aplicaciones Web para el desarrollo de las habilidades espaciales. *XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.
6. Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Navarro, R., & Contero, M. (2008). Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería. *XX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.
7. Navarro, R., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Martín Gutiérrez, J. (2006). Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería y el desarrollo de la vision espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas. *Actas del VIII Congreso de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Madrid.

CONFERENCIAS Y EXPOSICIONES EN JORNADAS UNIVERSITARIAS

1. Martín-Gutiérrez, J. (14 de Abril de 2009). Aspectos estadísticos en el análisis del desarrollo de las Habilidades Espaciales en el ámbito de la ingeniería. *Programa de Acciones en el contexto del EEES de la Universidad de Jaén*. Linares, Jaen, España: <http://www.degarin.com/dehaes/>. [Conferencia]
2. Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Navarro, R. (23-27 de Febrero de 2009). Desarrollo de las habilidades espaciales en estudiantes de Ingenierías. *Jornadas científicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería civil e industrial de la Universidad de la Laguna*. La Laguna, Tenerife, España. [Póster]

ARTÍCULOS RELACIONADOS

1. Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s. En A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín, J. Mesa González, & J. Mesa González (Edits.), *Current Developments in Technology-Assisted Education (2006)* (Vol. 2, págs. 1258-1262). Badajoz, España: FORMATEX.
2. Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s. [Póster]. *IV International Conference on Multimedia and Information*. Sevilla, España.
3. Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., J. L. Saorín, R. Navarro. (2006). Campus virtual en la docencia de Expresión Gráfica en la Ingeniería en la Universidad de La Laguna. *XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Sitges, Barcelona, España.

DIFUSIÓN EN MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

El gabinete de prensa de la Universidad de La Laguna se hizo eco del curso de desarrollo de habilidad espacial basado en Realidad Aumentada por tratarse de una tecnología utilizada por primera vez en Canarias.



ULL
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Gabinete de prensa

organigrama | contacto

Docencia

NOTICIAS

Buscar

Jueves, 25 de septiembre de 2008

El Departamento de Expresión Gráfica en Ingeniería crea un curso para mejorar las habilidades espaciales

Un grupo de profesores del Departamento de Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de La Laguna ha organizado un curso para mejorar las habilidades espaciales en los alumnos de nuevo ingreso en las titulaciones técnicas. Estas capacidades son componentes de la inteligencia que todas las personas han desarrollado en mayor o menor medida, y que en el caso de los profesionales de ingenierías y arquitectura, es muy importante para proyectar y diseñar.

Este curso comenzó a impartirse ayer, miércoles 25 de septiembre, y concluirá el próximo día 30 del mismo mes, en el Aula de Expresión Gráfica de la Facultad de Química de 9 a 11 horas.

Es necesario entrenar las habilidades espaciales, y este grupo de profesores e investigadores en este ámbito lleva varios años trabajando con una serie de herramientas que favorecen su desarrollo. Actualmente utilizan una aplicación informática basada en tecnología de Realidad Aumentada (Augmented Reality), una combinación del mundo real y elementos de realidad virtual.

Imagen de una de las sesiones de este curso (Foto cedida)

[Ampliar foto]

DIFUSIÓN EN LA RED WEB.

Se ha desarrollado un sitio Web, que sirve de tarjeta de identidad y proporciona visibilidad al trabajo desarrollado en esta tesis junto con otros desarrollos del grupo DEHAES. La dirección del sitio Web es: <http://www.degarin.com/dehaes/>



The screenshot shows the DEHAES website interface. The header includes the DEHAES logo and navigation links: HOME, ¿QUIÉNES SOMOS?, CONTACTO, INVESTIGACIÓN, PUBLICACIONES, PROYECTOS, RECURSOS, MOODLE, ENLACES DE INTERÉS. A search bar is present on the right. The main content area features a post titled "Programa de Estudios y Análisis" with a sub-heading "Evaluado positivamente la solicitud del proyecto 'EVALUACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS ASOCIADAS A LA CAPACIDAD DE VISIÓN ESPACIAL EN LOS NUEVOS TÍTULOS DE GRADO DE INGENIERÍA'". The post text mentions the project was evaluated positively and lists the responsible person as Jose Luis Saorín Pérez. Below the post is a "Ver PROYECTOS" link and a date of July 31st, 2009. To the right of the post is a calendar for November 2009 and a "Galería" section with three images: a 3D bar chart, a mobile phone, and a person using a mobile device. A sidebar on the left contains a "MENU" with links to "¿Quiénes somos?", "Contacto", "Investigación", "Proyectos", "Publicaciones", "Recursos", "Noodle", "Enlaces de interés", "Noticias", and "Proyectos".

1.11 PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.

1. Programa de Estudios y Análisis 2009. Ministerio de Educación.

Título: Evaluación y desarrollo de competencias asociadas a la capacidad de visión espacial en los nuevos títulos de grado de ingeniería

Entidad financiadora: Ministerio de Educación. Gobierno de España.

Partners: Universidad de La Laguna.

Duración: Junio 2009 hasta Mayo 2010

Investigador principal: Dr. Jose Luis Saorín Pérez

Participantes: Jose Luis Saorín Pérez, Manuel Contero González, Fernando Naya Sanchis, Rosa E. Navarro Trujillo, Jorge Martín Gutiérrez y Norena N. Martín Dorta.

1.12 COLABORACIONES.

Para la realización de este trabajo ha sido imprescindible la colaboración de:

- Todos los profesores del Área de Expresión Gráfica, de las universidades españolas que han respondido a la nuestra solicitud de aportar aquellos ejercicios que con más frecuencia proponen a sus alumnos. Gracias a ellos ha sido posible desarrollar el material para planificar los cursos de desarrollo de la HE, y se pudo establecer una nueva tipología de ejercicios.
- El centro de investigación *Human Centered Technology – LabHuman*, de la Universidad Politécnica de Valencia, ha desarrollado el software de AR-Dehaes. Se les facilitaron en formato CAD, todas las piezas modeladas en tres dimensiones. Siguiendo las indicaciones del formato del curso, asignaron a cada pieza una pareja de marcas fiduciales. A algunos de los modelos se les ha dotado de un gesto del tipo “acercar la marca a la cámara” y se muestra la solución del ejercicio.
- D. Francisco Albert Gil, profesor del departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad Politécnica de Valencia, ha aportado su aplicación Diedro-3D. Ha colaborado en la adaptación de las explicaciones teóricas del manual del curso de diédrico a dicha aplicación para poder visualizarlas de forma dinámica en 3D y en tiempo real.

1.13 TRABAJOS CITADOS CAPÍTULO 1

Adánez, G., & Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal of Geometry and Graphics*, 6 (1), 99-109.

Alias, M., Black, T., & Gray, D. (2002). Effect of Instructions on Spatial Visualisation Ability in Civil Engineering Students. *International Education Journal*, 3 (1), 1-12.

Burgos Postigo, S. (2005). Análisis de las relaciones entre inteligencia, aptitudes cognitivas, condiciones físicas y gimnasia de alto rendimiento. *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Carretero Díaz, A. (2001). Metodología didáctica para la enseñanza de geometría descriptiva basada en un Tutor-Evaluador y un generador de ejercicios integrados en un entorno de proposito constructivo general. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Company, P., Contero, M., Piquer, A., Alexios, N., Conesa, J., & Naya, F. (2004). Educational Software for Teaching Drawing-Based Conceptual Design Skills. *International Computer Applications Engineering Education*, 12 (4), 257-268.

Domínguez Posada, R. (1994). 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, España.

Feng, J., & Spence, I. (2007). Playing an Action Video Game Reduces Gender Differences in Spatial Cognition. *Psychological Science*, 18 (10), 850-855.

Lara Temiño, A. (2004). Utilización del ordenador para el desarrollo de la visualización espacial. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid, España.

Leopold, C., Górska, R., & Sorby, S. (2001). International Experiences in Developing the Spatial Visualization Abilities of Engineering Students. *Journal for Geometry and Graphics*, 5, 81-91.

Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Navarro, R., & Contero, M. (2008). Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería. *XX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Martín-Gutiérrez, J. (14 de Abril de 2009). Aspectos estadísticos en el análisis del desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería. *Programa de Acciones en el contexto del EEES de la Universidad de Jaén*. Linares, Jaén, España: <http://www.degarin.com/dehaes/>.

Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s [Póster]. *IV International Conference on Multimedia and Information*. Sevilla, España.

Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s. En A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín, J. Mesa González, & J. Mesa González (Edits.), *Current Developments in Technology-Assisted Education (2006)* (Vol. 2, págs. 1258-1262). Badajoz, España: FORMATEX.

Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Martín-Dorta, N., & Saorín, J. (2010). Applying augmented reality in engineering education. *Proceeding of the 8th International Conference on Education*, (págs. 1619-1626). Honolulu, Hawaii.

Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Navarro, R. (23-27 de Febrero de 2009). Desarrollo de las habilidades espaciales en estudiantes de Ingenierías [Póster]. *Jornadas científicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería civil e industrial de la Universidad de la Laguna*. La Laguna, Tenerife, España.

Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2008). Aplicaciones Web para el desarrollo de las habilidades espaciales. *XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. *XXI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.

Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students? *International Journal of Engineering Education*, 25 (6), 1194-1204.

Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D., & Ortega, M. (2009). Design and Validation of an Augmented Book for Spatial Abilities Development in Engineering Students. *Computer & Graphics*, 34 (1), 77-91.

Miller, C. L. (1992). Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Models. *Engineering Design Graphics Journal*, 56 (1), 27-38.

Muñoz, F., Lázaro, A., Gutiérrez, E., Jiménez, F., & Ariza, A. (2009). Diseño de una aplicación java para la enseñanza de la geometría descriptiva. *XXI Congreso internacional Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.

Navarro, R., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Martín Gutiérrez, J. (2006). Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería y el desarrollo de la vision espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas. *Actas del VIII Congreso de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Madrid.

Németh, B. (2007). Measurement of the development of spatial ability by Mental Cutting Test. *Annales Mathematicae et Informaticae*, 34, 123-128.

Okagaki, L., & Frensch, P. A. (1994). Effects of Video Game Playing on Measures of Spatial Performance: Gender Effects in Late Adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15 (1), 33-58.

Pérez Carrión, T., & Serrano Cardona, M. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*. Editorial ECU.

Rafí, A., Samsudin, K., & Ismail, A. (2006). On improving spatial ability through computer-mediated Engineering Drawing instruction. *Educational Technology & Society*, 9(3), 149-159.

Ramos, B., García, E., Baños, E., Melgosa, García, D., & Sainz, E. (2001-02). Recurso web:Taller de mejora de la visión espacial. <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>.

Sanchez Carlessi, H., & Reyes Romero, C. (2003). *Psicología del aprendizaje y la educación superior*. Santa Patricia: Vision Universitaria.

Saorín, J. (2006). Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Saorín, J. L., Contero, M., Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA. Ingeniería e industria*, 84 (9), 721-732.

Sorby, S. (1999a). Developing 3-D spatial visualization skills. *The Engineering Design Graphics Journal*, 63 (2), 21-32.

Sorby, S. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31 (3), 459-480.

Sorby, S., Drummer, T., Hungwe, K., Parolini, L., & Molzan, R. (2006). Preparing for engineering studies: improving the 3-D spatial skills of K-12 students. *The 9th International conference on Engineering Education*, (págs. T3E-6). San Juan, PR.

Stachel, H. (2005). Descriptive Geometry in today's engineering curriculum. *Transactions of FAMENA*, 29(2), 35-44.

Torner Ribé, J. (2009). Desarrollo de habilidades espaciales en la docencia de Ingeniería Gráfica. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Urraza, G., & Ortega, J. (2009). Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de Expresión Gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 2(3), 261-271.

Vander Wall, W. J. (1981). Increasing understanding and visualization abilities using three dimensional models. *Engineering Design Graphics Journal*, 45(2), 72-74.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El marco teórico de esta tesis abarca varios temas de conocimientos, por ello ha sido estructurado en tres bloques:

Bloque 1. ESTADO DEL ARTE SOBRE HABILIDADES ESPACIALES.

Se busca el origen del concepto de "Inteligencia" y las componentes que la integran, y se centra la revisión en la componente espacial, cómo está estructurada según distintos investigadores, instrumentos para medirla, diferencias en cuanto a género e importancia que tiene en la vida cotidiana y en concreto en la ingeniería,

Bloque 2. HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES.

La habilidad espacial se puede desarrollar mediante entrenamientos específicos, este bloque contiene el estado del arte de las estrategias realizadas a nivel universitario en estudiantes de ingeniería en el ámbito nacional e internacional y se exponen las estrategias realizadas en la Universidad de La Laguna.

Bloque 3. EXPRESIÓN GRÁFICA EN EL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL.

Se explica cómo están integradas las asignaturas de expresión gráfica en las titulaciones técnicas en el actual sistema universitario español y como serán los nuevos planes de estudios de las titulaciones de ingeniería, en el nuevo marco educativo universitario consecuencia de adaptación al espacio europeo de educación superior. Se exponen los estudios nacionales, que han tratado de alguna forma las habilidades espaciales en el área de expresión gráfica en ingeniería con objeto de mejorar algún aspecto de la enseñanza de expresión gráfica.

BLOQUE 1. ESTADO DEL ARTE HABILIDADES ESPACIALES

2.1. ORIGEN Y DEFINICIÓN DE LA INTELIGENCIA.

2.1.1. Consideraciones sobre el Cerebro.

En la actualidad, gran parte de las investigaciones sobre los enigmas del funcionamiento del cerebro se realizan desde la biopsicología. Esta rama científica, heredada de los fisiólogos y psicólogos, intenta describir y explicar la conducta en función de las sustancias químicas del cuerpo y del sistema nervioso, especialmente del cerebro. Un interés clave de la biopsicología ha sido averiguar qué hacen las distintas partes del cerebro, descubrir sus funciones. Actualmente se denominan "teorías modulares" a las que creen que existe una especialización y cierto grado de independencia funcional entre las diferentes partes del cerebro (Fodor, 1983), (Gardner, 1993).

El cerebro es el órgano más característico del ser humano y quizás también el más enigmático todavía para la ciencia. El cerebro es la parte más voluminosa del encéfalo y está dividido en dos hemisferios - derecho e izquierdo- por un surco central, la cisura longitudinal. La superficie de cada hemisferio presenta un conjunto de pliegues que forman una serie de depresiones irregulares, que son los surcos o cisuras. La disposición que adoptan estos surcos nunca es igual entre los cerebros de diferentes personas, y también presentan disposiciones distintas en ambos lados de un mismo encéfalo.

Según las investigaciones médicas y psicológicas, cada uno de los hemisferios desarrolla funciones diferentes (Levy, 1974). En concreto, el hemisferio izquierdo parece especializado en tareas verbales y el derecho, en tareas espaciales. El término lateralización suele aludir a la medida en que una función determinada, por ejemplo, el procesamiento verbal, se desarrolla en un hemisferio, en vez de en ambos. Así, por ejemplo, si el procesamiento verbal de una persona se realiza por completo en el hemisferio izquierdo, diremos que está muy o completamente lateralizada. Si otro individuo procesa el material verbal utilizando los dos hemisferios, diremos que es bilateral con respecto al funcionamiento verbal.

<i>Hemisferio izquierdo (Parte derecha del cuerpo)</i>	<i>Hemisferio derecho (Parte izquierda del cuerpo)</i>
Habla/verbal	Espacial/musical
Lógico, matemático	Holístico
Lineal, detallado	Artístico, simbólico
Secuencial	Simultáneo
Controlado	Emocional
Intelectual	Intuitivo, creativo
Dominante	Menor (apacible)
Mundano	Espiritual
Activo	Receptivo
Analítico	Sintético, Gestalt
Leer, escribir, nombrar	Reconocimiento facial
Ordenamiento secuencial	Comprensión simultánea
Percepción de un orden significativo	Percepción de pautas abstractas
Secuencias motoras complejas	Reconocimiento de figuras complejas

Fig. 2. 1 Funciones del cerebro. (fuente R.H. Trotter)

Nuestro cerebro contiene varios billones de células, de las que unos 100.000 millones son neuronas y tiene casi 100 trillones de interconexiones en serie y en paralelo que proporcionan la base física que permite el funcionamiento del cerebro. Gracias a los

circuitos formados por las células nerviosas o neuronas, el cerebro es capaz de procesar información sensorial procedente del mundo exterior y del propio cuerpo. El cerebro desempeña funciones sensoriales, motoras y de integración asociadas con diversas actividades mentales. Algunos procesos que están controlados por el cerebro son la memoria, el lenguaje, la escritura y la respuesta emocional.

Actualmente se sabe que en el lóbulo occipital se reciben y analizan las informaciones visuales, en los lóbulos temporales se trabajan ciertas sensaciones visuales y auditivas. Los movimientos voluntarios de los músculos están regidos por las neuronas localizadas en la parte más posterior de los lóbulos frontales, en el llamado córtex motor. Los lóbulos frontales están relacionados también con el lenguaje, la inteligencia y la personalidad, si bien se desconocen funciones específicas en éste área.

Los lóbulos parietales se asocian con los sentidos del tacto y el equilibrio. En la base del encéfalo se sitúa el tronco cerebral, que gobierna la respiración, el latido cardiaco, la tos, los estornudos, etc. Detrás del tronco se localiza el cerebelo, que coordina el movimiento corporal manteniendo la postura y el equilibrio. Las áreas cerebrales que gobiernan las funciones como la memoria, el pensamiento, las emociones, la conciencia y la personalidad, resultan bastante más difíciles de localizar.

En el córtex se integran las capacidades cognitivas y es aquí donde se encuentra nuestra capacidad de ser conscientes, de establecer relaciones y de hacer razonamientos complejos.

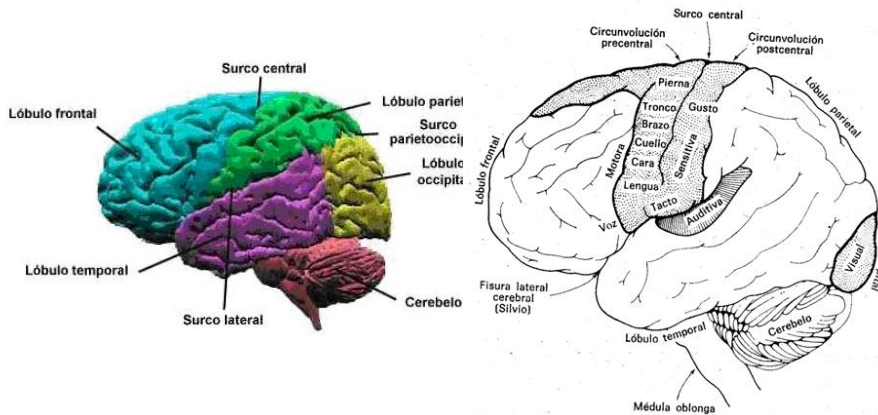


Fig. 2.2 Imagen de la corteza cerebral. Fuente <http://neurologiayneurocirugia.com>

Las teorías de Francis Galton.

Una de las aportaciones más interesantes para la ciencia del siglo XIX proviene de Francis Galton, curiosamente emparentado con Charles Darwin (autor de la teoría de la evolución humana). Aplicó las ideas del evolucionismo a la psicología y más concretamente a la capacidad del conocimiento (Galton F. , 1865). De este modo, sus intuitivas teorías tomaron forma poco a poco hasta que consiguió unir dos disciplinas; el estudio de la herencia y la expresión matemática de los fenómenos vinculados a ella.

Galton, recorrió Europa realizando mediciones de la capacidad intelectual de las personas, y llegó a una de sus primeras conclusiones: *"el conocimiento responde a la llamada "distribución normal", o "campana de Gauss", es decir que la mayoría de las personas tienen una inteligencia media. Sólo unas pocas están por encima o por debajo de esos valores medios."*

En su descubrimiento sobre la distribución de la inteligencia, estaba convencido que debía tener una componente tal que se trasmite de padres a hijos. En algunas de sus mediciones analizó la estatura de varios matrimonios y la de sus hijos, esperando que los hijos de personas bajas fueran bajos y que los hijos de personas altas fueran altos. El resultado obtenido es que la altura de los hijos tiende a la media estadística, como la de los progenitores. Es decir que de padres altos podría haber hijos bajos y de padres bajos los hijos podrían ser altos. Al no verificar como ciertas sus hipótesis, nombró este fenómeno "regresión", término utilizado en estadística (Galton F. , 1880).

Aunque la hipótesis referente a la altura, no obtuviera los resultados que esperaba, inició una nueva investigación, centrada en la inteligencia. Intentando demostrar que de padres que presentaban unas características intelectuales sobresalientes, tendrían a tener hijos con iguales características. Aunque el resultado fue el mismo, los resultados respondían a la ley de regresión, concluyó (alterando la realidad), que el rasgo de la inteligencia se transmitía principalmente por medio de la herencia genética. De esta forma defendió su teoría de la importancia del factor hereditario, tampoco valoró que los escogidos para su estudio fueron jueces, médicos, y científicos que además de poseer ciertas aptitudes debidas a los genes, gozaban de un buen entorno y una prestigiosa educación.

2.1.2. El inicio de los test mentales.

James McKeen Cattell (1860-1944).

Cattell se interesó por las diferencias individuales. Su trabajo se centra en la Universidad de Columbia, donde inició el estudio y administración de los test de inteligencia. En esta época, el optimismo por el progreso y la utilidad de la ciencia, forzaba a los científicos a buscar soluciones prácticas para una sociedad en transformación. En este contexto, la psicología se desligó de la filosofía y se desarrolló como una disciplina autónoma y práctica. Cattell la presenta como "*la más nueva de todas las ciencias*" y la puso al servicio de las necesidades de la sociedad americana, midiendo y clasificando la población en función de sus características psicológicas - intelectuales y temperamentales (Cattell J. , 1886a) (Cattell J. , 1886b) (Cattell J. , 1887). La psicología ofrecía rigor y objetividad pero también resultados prácticos y útiles para sociedad que daba oportunidades al individuo mejor capacitado al margen de su clase social.



El término "test mental" fue utilizado por primera vez en 1890 por Cattell para designar una serie de pruebas psicológicas que él puso a punto con la finalidad de determinar el nivel intelectual de un grupo de universitarios (Cattell J. , 1890). No se trataba de un test de inteligencia, sino de una serie de pruebas que exploraban varias aptitudes psicológicas (Cattell J. , 1898).

Los primeros test consistían en medidas de discriminación sensorial y tiempos de reacción (fuerza muscular, tiempo de reacción, sensibilidad al dolor, discriminación de pesos, rapidez y movimiento, etc.) (Cattell J. , 1895). Cattell sostenía la idea de que su test podía predecir el éxito escolar de los estudiantes. Sin embargo, esta afirmación se rechaza, cuando en posteriores análisis se demostró que los resultados de los test que había administrado durante años, no presentaban correlación alguna con las notas obtenidas por los estudiantes (el tipo de medidas que tomaba no tenían relación con el nivel de inteligencia).

Alfred Binet. (1857 -1910).

Se le considera el creador de los primeros estudios "serios" sobre la inteligencia. En un principio su investigación se centró en estudiar la inadaptación de los niños con bajo rendimiento intelectual. El gobierno Francés, a finales del siglo XIX, obligó que todos los niños debían estar escolarizados, lo que planteaba un problema el hecho que no todos los niños de similar edad tenían el mismo nivel de conocimientos, ni la misma capacidad de aprendizaje, de modo que se plantea la necesidad de buscar la forma de seleccionar aquellos niños más atrasados en los conocimientos que serían de esperar que tuvieran con su edad cronológica. Se requería de una herramienta práctica y rápida para detectar a los niños con dificultades para prestarles el apoyo necesario en su desarrollo. A. Binet comienza a estudiar y desarrollar una herramienta para este cometido, partiendo con la certeza de que no podía evaluar la inteligencia midiendo atributos físicos como el tamaño del cráneo, la fuerza con que se aprieta al cerrar el puño y pruebas similares. En su equipo de trabajo, contó con Theodore Simon (1873-1961), médico especialista en niños con retraso mental.

Binet, consideraba que la inteligencia se debía calcular en tareas que exigían comprensión, capacidad aritmética, dominio de vocabulario, etc. Pero al mismo tiempo quería una prueba que los niños pudieran responder sin ningún entrenamiento especial, ya que no se intentaba calcular sus conocimientos académicos, sino el alcance de sus capacidades en ese momento. El objetivo era calibrar juicio, comprensión y razonamiento, ya que según pensaban eran los componentes fundamentales de la inteligencia. Binet y Simon se refirieron a la inteligencia en términos de "juzgar bien", "comprender bien" y "razonar bien". En consecuencia, decidieron utilizar dos tipos básicos de ítems o ejercicios: unos que fueran tan novedosos o inusuales que ningún niño se hubiera expuesto antes a ellos, y otros tan familiares que casi todos los niños los hubieran encontrado en el pasado.

➡ En 1905 la herramienta estaba configurada como un test de 30 preguntas o tareas que incluían actividades sencillas (Binet, 1905). La puntuación de las pruebas consistía en contar el número de ítems que se habían superado. Con esta prueba se podía identificar rápidamente a los niños que necesitaban de ayuda especial.

➡ Animados por el éxito, ampliaron el alcance de este test y la graduaron por edades. Esta versión revisada, aparece en 1908, y en ella se incluían pruebas para niños entre tres y trece años. Según Binet : "La idea fundamental de este método es el establecimiento de lo que llamaremos una escala métrica de la capacidad intelectual; esta escala está constituida por una serie de test, de creciente dificultad, que comienzan en el nivel intelectual más bajo que se puede observar y terminan en el nivel promedio y normal de inteligencia."

La nueva versión del test llamado Binet-Simon estaba tabulado por edades (Binet & Simon, 1908). La administración del test era sencilla ya que las pruebas estaban ordenadas desde las más fáciles a las más difíciles. Se suponía que un niño normal iría respondiendo a las pruebas hasta quedarse más o menos en las que estaban preparadas para su edad. Podría ocurrir que un niño superase o no los ítems de su edad, de este modo, aparecen dos edades diferentes: la edad cronológica y la edad mental.

☞ El desarrollo de estas pruebas por Binet, pretendía desmontar lo que era muy común pensar “que las diferencias entre las personas son heredadas”, por lo que no había posibilidad de rehabilitación. Por ejemplo se pensaba que si uno de los padres era delincuente, tarde o temprano también aparecería esta conducta en los hijos, y se asociaba baja inteligencia con crímenes, pobreza y marginalidad. Estas ideas propuestas y difundidas por Galton, anunciaban que las personas estaban condenadas de antemano a un tipo de vida heredada por los genes de sus padres (Galton F. , 1865).

Binet, explica que la inteligencia depende del ambiente en que se haya criado una persona, ya que este ambiente puede o no favorecer su desarrollo. Con esta idea, y la fuerte creencia de que un niño podía incrementar su capacidad intelectual, desarrolló esta herramienta para medirla.

2.1.3. Test de inteligencia en Estados Unidos.

Los estudios de Binet, fueron pioneros y proporcionaban un método para evaluar la inteligencia. En Estados Unidos, Cattell ya había considerado el término "test mental" para averiguar la inteligencia de los estudiantes, pero el método utilizado no era muy acorde con lo que se quería medir.

Henry Goddard (1866-1957)

Fue director de un centro de estudios psicológicos de “débiles mentales” y tenía la convicción de que un gen era el responsable de provocar la debilidad mental. Interesado por el test de Binet, lo tradujo a inglés y lo administró a inmigrantes que desembarcaban en el puerto de Nueva York. De los resultados se desprendería que más del 80% de los inmigrantes se podían considerar débiles mentales. Este hecho le hizo embarcarse en una cruzada personal, ya que con estos resultados se podría pensar que en pocos años la nación sería la más retrasada del planeta. Por ello que una de sus propuestas iba encaminada a realizar pruebas de inteligencia para impedir la entrada de inmigrantes con bajo nivel intelectual. Goddard, de forma poco acertada, establece la existencia de una relación entre inteligencia, moral, delincuencia y situación social (Goddard, 1912). Quizás lo más dañino es afirmar que la relación entre baja inteligencia y delincuencia se transmite genéticamente. Según Goddard, la alteración mental y la delincuencia estaban determinadas por la herencia y recurría al test de Binet para realizar esta afirmación.

Por su lado, Binet, insistía en que las pruebas medían una situación temporal y reversible, causada por factores ambientales y que su test tenía por objetivo identificar niños que necesitaban ayuda. Bajo ninguna circunstancia debía servir para etiquetar a los seres humanos. Sin embargo, Goddard, con sus prejuicios sociales, defendía que la inteligencia era un ente fijo y no se podía cambiar.

El test de Binet-Simon en EEUU.

Si se acepta a Binet como el primer investigador en la historia de los test mentales, el segundo sería Lewis Terman (1877-1956), autor del test de inteligencia Stanford-Binet.

Lewis Terman, estaba en desacuerdo con las propuestas de Galton y Cattell y su método de discriminación sensorial. Él creía que los test que midiesen la inteligencia tenían que tratar funciones cognitivas complejas y elevadas, de modo que llegó a encontrar siete categorías para el estudio de la inteligencia:

- Creatividad e imaginación.

- Habilidades matemáticas.
- Habilidades en el aprendizaje.
- Habilidades Motoras.
- Procesos lógicos.
- Manejo del lenguaje.
- Memoria

La contribución de Terman añade nuevas pruebas al test de Binet y eliminó algunas del test original. El test de Terman se publica por primera vez en 1912 y tras una revisión final se publica en 1916 junto con una monografía sobre el uso que debía tener (Terman, 1916).

El coeficiente intelectual.

Una de las grandes innovaciones en el test de Terman, es el uso del término coeficiente intelectual. Hasta la fecha el término utilizado venía siendo "edad mental". Para los investigadores, a partir de los 15 años era imposible encontrar pruebas que pudiesen discernir grados de inteligencia para edades superiores. El concepto de edad mental era defendible para los niños pero para el estudio de la inteligencia en los adultos era inservible. También se tenía en cuenta que el retraso de un año mental no tiene el mismo valor para todas las edades cronológicas. El psicólogo William Stern, en 1912 propuso utilizar la medida del "cociente intelectual" medida que resulta de la división entre la edad mental y la cronología multiplicada por 100. De ésta forma en lugar de trabajar con dos números (edad mental y cronológica) se trabaja con uno sólo que además proporciona un índice claro del nivel intelectual del niño (Stern, 1912).

The Army Testing Program.

En 1917, la American Psychological Association (APA) se ve inmersa en un programa de detectar habilidades entre los reclutas y militares para participar en la primera guerra mundial. Robert Yerkes, presidente de la APA, como consecuencia de la popularidad de los test de inteligencia, es nombrado psicólogo del ejército americano, con el objetivo de detectar a los reclutas que mostraban una baja inteligencia para tenerlos controlados e identificar a los que mostraban una inteligencia superior, para promocionarlos como mandos. Se organizó una comisión, formada por Goddard y Terman entre otros, con la misión de desarrollar un test para obtener el objetivo anterior. El test obtenido, se llamó *Test Army Alpha y Test Army Beta*, y a principios del año 1919 el test se había administrado a 1.750.000 hombres. Era la primera vez en la historia que se realizaba una valoración colectiva de la inteligencia a gran escala y con tanta rapidez.

☞ El test Alfa, era una prueba escrita para conocer el nivel de alfabetización de los reclutas. Tenía ocho tipos de ejercicios tales como escribir analogías, completar una frase, seguir una secuencia de números o descodificación una frase. Para los hombres analfabetos que no podían realizar el test Alfa, se propone el test Beta que estaba diseñado para realizar pruebas gráficas. El test Beta tenía siete tipos de actividades, seguir un laberinto, trabajos con números y la tarea de completar la imagen entre otros (Figura 2.3).

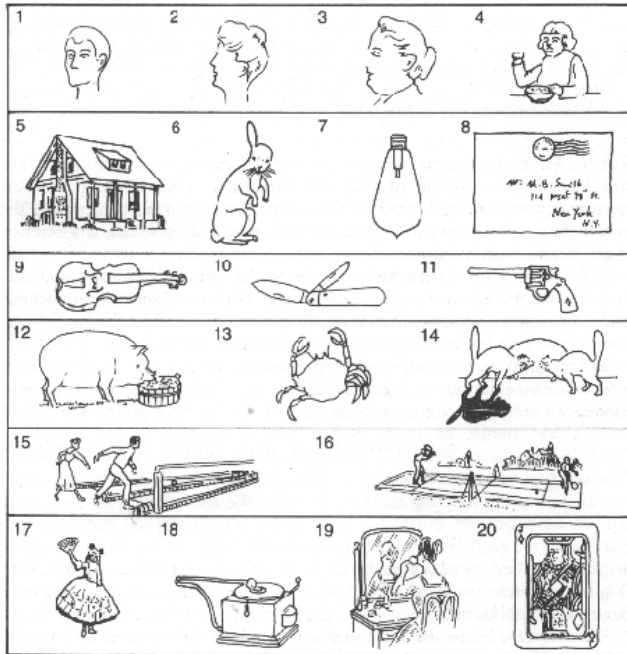


Fig 2.3 Prueba Test Army Beta. Fuente <http://www.holah.karoo.net/gouldstudy.htm>

2.1.4. En busca de la definición de inteligencia.

A principios de siglo XX el hecho imparable por buscar una forma de medir las diferencias individuales de las personas en cuanto a su inteligencia, dejó de lado algo clave en todo este tema, y es que aún no se había trabajado en la propia definición de la inteligencia. Al respecto en 1921, se creó un simposio organizado por *The Journal of Educational Psychology* sobre el significado de la inteligencia y del cual surgieron numerosas definiciones:

- "la capacidad de aprender", según Buckingham.
- "La aptitud para dar respuestas correctas desde el punto de vista de la verdad o los hechos", según Thorndike.
- "La capacidad para realizar pensamientos abstractos", según Terman.
- "La capacidad del individuo para adaptarse adecuadamente a situaciones relativamente nuevas de la vida", según Pintner.
- Algo " que comprende dos factores: la capacidad de conocimiento y el conocimiento poseído" según Hemmon.
- "La capacidad de adquirir capacidades", según Woodrow.

En 1986, se celebró un simposium organizado por los importantes investigadores: R. Sternberg y D. Detterman por iniciativa de la revista *Intelligence*, con la finalidad de definir la inteligencia desde enfoques actuales.

Una de las conclusiones a la que llegaron los expertos reunidos en 1986, fue que a pesar de una cierta convergencia sobre algunos de los componentes de la inteligencia (incluso entre los trabajos de 1921 y 1986) y del avance en la conceptualización sobre lo qué es y lo qué no es la inteligencia, existe todavía un desacuerdo en aceptar una única definición

sobre inteligencia. Quizás porque como afirma Detterman "un concepto tan complejo como el de inteligencia no puede ser agotado en una única definición sin caer en una simplificación excesiva"

A diferencia del simposium de 1921, en el cual una de las mayores preocupaciones fue la medición de la inteligencia a través de test estandarizados que pudiesen predecir tanto las diferencias individuales como el éxito o fracaso escolar; los intereses actuales se centran en el esfuerzo teórico por definir el "funcionamiento cognoscitivo inteligente" y cómo éste tipo de funcionamiento se concreta en distintas tareas, se desarrolla con la edad, se puede modificar mediante entrenamiento, o permite a las personas interactuar adecuadamente en función de su entorno socio-cultural.



Entre psicólogos e investigadores hay acuerdo en afirmar que la inteligencia la integran una serie de factores. A lo largo de la historia, en el ámbito de la filosofía y psicología, se ha marcado distinta clasificación de los factores que componen la inteligencia según las distintas líneas de pensamiento de los investigadores.

1927. Spearman. Teoría bifactorial.

Un primer pensamiento y trabajo acerca de la inteligencia humana lo marca Spearman, con trabajos como *The Nature of intelligence and the principles of cognition* (1923) y *The abilities of man: Their natures and measurement* (1927).

La motivación de Spearman era averiguar si las actividades inteligentes se manifiestan como una única unidad (Spearman, 1904), es decir, si la inteligencia es única o son varias. En éste apartado cabe la pregunta ¿las aptitudes mentales van juntas o son independientes? - Por ejemplo dos aptitudes tan diferentes como el cálculo numérico y la lógica verbal ¿pueden estar correladas?. Spearman buscó la correlación existente entre diferentes pruebas de inteligencia y comprobó que poseían una alta correlación. Cuando crecía la puntuación de una de ellas, las demás tendían a crecer en la misma dirección y cuando disminuía, las demás también lo hacían. Hasta este momento nadie había estudiado si existía alguna correlación entre las diferentes pruebas y gracias a las mediciones de Spearman se comprobó que era posible que existiese una estructura de la inteligencia. Al ordenar las correlaciones de las diferentes pruebas en una tabla, la cual estaba caracterizada por que las correlaciones eran positivas y proporcionales, se planteó dos posibilidades para la estructura de la inteligencia:

- Una única función de inteligencia que todos los test comparten.
- Varias funciones en las que cada una responde a un atributo independiente y que se correspondería a una parte específica del cerebro.



Spearman llegó a la conclusión que las diferentes habilidades cognitivas que miden los test esconden una única realidad y tras ellas existe un único proceso al que se refiere como **factor G**. Éste sería una especie de factor general de inteligencia a través del cual se manifiestan las correlaciones. Por otro lado, cada habilidad cognitiva presenta un grado de diferenciación de las demás, cada una tiene características propias y particulares. Por ello la correlación no llega a ser perfecta. Spearman denominó **factor S** al conjunto de particularidades individuales que presentan las diferentes habilidades cognitivas. Por esta razón al modelo propuesto por Spearman se le llama bifactorial, pues corresponde al hallazgo de estos dos factores.

En su trabajo *The abilities of man: Their natures and measurement* (1927), se recoge lo expuesto con anterioridad, de forma que acota una serie de factores que componen la

inteligencia humana. Él los denomina "solapamiento de factores" (correlación entre habilidades cognitivas). Estos factores generan una medida de la inteligencia, que denota como "G" (Spearman, 1927).

En varios capítulos de ese trabajo habla de una "habilidad espacial" pero no es claro al definirla, hace referencia a ella diciendo que es una habilidad o factor que incluye una serie de operaciones mentales que son muy comunes en la vida cotidiana, y descarta la idea que sea una habilidad innata, sino que se adquiere por entrenamiento o por realización de tareas habituales. Este factor espacial, no definido por Spearman, lo identificó en textos de McFarlane (1925), referencia que no tiene trascendencia por su falta de rigor investigador.

Las conclusiones de Spearman suponen un pilar para la "teoría del factor G" (valor de inteligencia), aunque no se le puede atribuir la forma de calcular numéricamente este valor, fueron investigadores posteriores los que postularon estas metodologías.

Se puede atribuir a Spearman la definición de factores de la inteligencia y un primer acercamiento al postulado de la existencia de una habilidad mental relacionada con el entrenamiento y el hábito.

1938. L.L. Thurstone. Método multifactorial.

Thurstone revisó el trabajo de Spearman y encontró que los métodos matemáticos que había utilizado no eran los adecuados (Thurstone L. , 1934). Su experiencia en campos como la mecánica, la ingeniería y la psicología le hacían intuir que la inteligencia se podía manifestar de modos muy diferentes. Sin entrar a exponer el camino matemático recorrido hasta llegar a sus conclusiones, descubrió que había algunos test se correlacionaban más claramente entre ellos que otros, de forma que encontró una serie de atributos que estaban presentes en los test de inteligencia. De este modo quedaba demostrado que una persona podía tener una gran aptitud para las matemáticas y sin embargo le puede costar articular ideas de forma verbal, o viceversa.

En términos generales los resultados indican que las diferencias individuales entre las aptitudes cognitivas se pueden expresar en función de un número de factores o de aptitudes primarias, distintas pero no independientes entre sí, que pueden presentar correlaciones diversas.

➡ Thurstone L.L. en 1938 identifica el *factor espacial en la inteligencia humana*, lo delimita y define en su obra "Primary Mental Abilities" (PMA). En este texto realiza un análisis de los factores que formulan el modelo de inteligencia. Discrepa con la teoría de Spearman que propone un único factor de inteligencia y propone un grupo de factores independientes que los individuos poseen en distintos grados.

En un principio esta disgregación en varias medidas de inteligencia no fue muy aceptada, pero para autores posteriores ha servido para comprobar y verificar las estructuras de factores psicométricos, y ha influido en los modelos jerárquicos de la inteligencia y en su uso en pruebas de inteligencia. Según el modelo de este investigador la inteligencia se puede medir según cinco factores:

- Factores motrices. Relacionados con la destreza de manos y dedos.
- Factores perceptivo-visuales. En esta categoría se encuentra: factor espacial, visualización, memoria espacial, rapidez perceptiva, alternancia receptiva, etc.
- Factores de percepción auditiva. Resistencia auditiva, cualidad tonal, intensidad y el llamado "integral auditivo".

- Factores intelectuales superiores. Razonamiento, juicio, integración, fluidez de ideas, fluidez verbal, fluidez de expresión, comprensión verbal, factor numérico, memoria, memoria inmediata, rapidez de juicio, tiempo de reacción y aplicación (ejecución de tareas sin error de forma rápida)
- Factores dependientes en alto grado de la experiencia. Experiencia mecánica y experiencia musical.

Las aptitudes mentales que consideró que se tenían que incluir en la batería de test para medir las actitudes mentales (Batería factorial de Aptitudes Mentales Primarias) fueron:

- Comprensión Verbal
- Fluencia de palabras
- Facilidad numérica
- Visualización espacial
- Asociación memoria
- Velocidad Perceptual
- Razonamiento

☞ En su momento, Louis Leon Thurstone, trabajó conjuntamente con Thelma Gwinn Thurstone y admitieron la posibilidad de que con el tiempo se podrían descubrir otras aptitudes mentales, pero en ese momento las más operativas para su test fueron las 7 anteriores (Goodman, 1943).

Thurstone T.G, en 1958 publicó un test de relaciones espaciales: *"Spatial Relations subset of the Primary Mental Abilities Test (PMA-SR)"* (Thurstone T. G., 1958)

1946. Raymond Cattell. Factores de Personalidad.

Fue alumno de Spearman, en la universidad en los años 20. Comenzó estudios de psicología en 1921. Influenciado por las teorías de Spearman su trabajo abordó el desarrollo de las teorías de factores de análisis de la inteligencia. Estudió numerosas áreas, entre ellas las habilidades cognitivas. Obtuvo métodos de investigación para explorar y medir estas áreas. Su aportación más importante fue la definición de 16 factores que integran la personalidad humana, y desarrolló técnicas para ser medidos. Esta teoría, de 16 factores de personalidad y el instrumento utilizado para medirlos son conocidos como los *16 Factores de Personalidad*¹, medidos por el **Cuestionario 16PF**. Estos factores no fueron clasificados hasta 1946 por Cattell R. B. (1946), basándose en el trabajo de Gordon Allport y H.S. Odbert (1936) que dedujeron que "Las diferencias individuales que son más importantes y socialmente relevantes en la vida de las personas están codificadas en su idioma, que es la diferencia más importante". Estos autores trabajaron en la recopilación de más de 4500 palabras de personalidad (Cattell R. B., 1965). Cattell organizó estas palabras de personalidad en 181 bloques, y a partir de estos desarrolló sus 16 factores de personalidad (Conn & Rieke, 1994).

La idea de medir la inteligencia por medio de métodos estadísticos multivalentes era la forma más científica para conseguir entender la inteligencia. Por este motivo buena parte de la psicología después de Thurstone L, viene marcada por la estadística de los test. El camino que continuarían los investigadores "factoralistas" se bifurca en dos rumbos diferentes: el marcado por Spearman y el marcado por Thurstone L.

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/16_Personality_Factors (disponible 13 Octubre 2009)

Los seguidores de Spearman (escuela inglesa - destaca Paul E. Vernon) pusieron de manifiesto la existencia de correlaciones por grupos de test a los que llamaron *factores de grupo*, que en parte se aproximan bastante a los conceptos de Thurstone y sus PMA. Por otro lado los seguidores de Thurstone se dedicaron a comprobar las hipótesis de factores primarios, sus interpretaciones y si existían más factores. En una revisión de las investigaciones realizadas hasta 1973 se contabilizaban 20 factores sólidamente demostrables. Uno de los investigadores más destacados en éste área ha sido J. Paul Guilford.

1950. P.E. Vernon. Factores jerárquicos.

En su obra, *The Structure of Human Abilities* (1950) Vernon presentó su propuesta de grupo de factores jerárquicos de la capacidad intelectual humana. En la parte superior de esta jerarquía se encuentra el factor general (G), propuesto por Spearman, que representa la mayor fuente de la varianza en la inteligencia y a continuación una serie de factores específicos de grupo (Vernon, 1950).



Esta teoría de Vernon (un factor general y grupo de factores), es visto como una reconciliación entre las dos teorías: la del factor de Spearman (que no tienen factores de grupo) y la teoría de múltiples factores de Thurstone (que no tienen un factor general).

En las conclusiones de dos de sus libros: *Intelligence and Cultural Environment* (1969) y en *Intelligence: Heredity and Environment* (1979) expone que las diferencias individuales en la inteligencia son atribuibles a factores genéticos, (60%) y que hay algunas pruebas que implican diferencia según el grupo racial y estas diferencia se muestran en el promedio de los niveles de capacidad mental.

1971. J.P. Guilford. Dimensiones de las capacidades intelectuales.

Según las teorías de Guilford, el rendimiento de una persona (trabajo-tareas) subyace en las habilidades mentales o en los factores de inteligencia (Guilford, 1967).

A título de curiosidad, desarrolló su trabajo como jefe de investigaciones psicológicas en las Fuerzas Armadas de EEUU. Guilford supervisó el proyecto "Staines project", en el que se identificaron ocho capacidades intelectuales fundamentales para pilotar un avión. Desarrolló una batería de ejercicios que mejoraba las capacidades de los pilotos de estos aviones.

Guilford, propone 180 capacidades intelectuales (SI) mediante tres dimensiones: Operaciones, Contenido y Producto (Guilford & Hoepfner, 1971).

- *"Operations dimension". Incluye seis operaciones o procesos generales de la inteligencia: Conocimiento, Memoria grabación, Retención de memoria, Producción divergente, Producción convergente, Evaluación.*
- *"Content dimension". Incluye cinco áreas de información aplicado a cinco operaciones de la inteligencia humana: Visual, Auditiva, Información simbólica, Semántica, Información del comportamiento.*
- *"Product dimension". Esta dimensión contiene resultado de aplicación particular a las operaciones de contenidos específicos. Incluye seis productos de complejidad ascendente: Unidades, Clases, Relaciones, Sistemas, Transformaciones, Implicaciones.*

Por lo tanto, de acuerdo con Guilford hay $6 \times 5 \times 6 = 180$ capacidades intelectuales o factores.

2.2. INTELIGENCIA Y HABILIDAD ESPACIAL.

En la literatura consultada, Alfred Binet, define la inteligencia como la totalidad de los procesos mentales implicados en la adaptación al entorno (Binet, 1905) y Raymond Cattell sostiene que la inteligencia está formada por dos partes fundamentales: inteligencia fluida y cristalizada. La fluida, se considera que es una capacidad innata, es la habilidad de razonamiento básico, mientras que la inteligencia cristalizada es la información y habilidad que se adquiere a través de la experiencia en un entorno cultural.

Para Jean Piaget la inteligencia es la adaptación mental más avanzada; es decir, es el equilibrio que alcanza el individuo mediante las interacciones que realiza el organismo y el entorno y según Guilford es “el conjunto de sub-capacidades cuya función es procesar información” (Guilford, 1967).

Howard Gardner considera que la inteligencia es la “capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas” (Gardner, 1983) y no niega el componente genético, pero sostiene que esas potencialidades se van a desarrollar dependiendo del medio ambiente, las experiencias vividas, la educación recibida... considera que **“Los seres humanos están capacitados para el amplio desarrollo de su inteligencia, apoyados en sus capacidades y su motivación”**.

Según la definición extraída de la enciclopedia de la Universidad de Columbia², la inteligencia es la capacidad mental que participa en el cálculo, el razonamiento, la percepción de las relaciones y analogías, el aprendizaje rápido, la memoria, la fluidez verbal, la clasificación y la generalización de la información y la adaptación a nuevas situaciones.

En apartados anteriores se ha indicado que diversas investigaciones realizadas por psicólogos e investigadores han propuesto varias componentes implicadas en la inteligencia, y de lo que no cabe duda, según los distintos investigadores es que la capacidad espacial es una componente de la inteligencia humana. Se trata de una capacidad distinta e independiente de la conducta, de actividades cognitivas y neurológicas.

Gardner, propone una nueva perspectiva sobre la concepción de inteligencia y como está constituida (Gardner, 1993). En 1979, la Fundación Bernard van Leer, con el objeto de apoyar innovaciones útiles en la educación para beneficiar a disminuidos psíquicos, pidió a la Escuela de Educación para Posgraduados de Harvard que evaluara el estado del conocimiento científico referente al potencial humano y su logro. Del trabajo desarrollado y dirigido por Howard Gardner se generó un informe sobre los potenciales humanos vistos desde una perspectiva psicobiológica. Este informe fue editado bajo el título ***Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences en 1983.***

Su impacto en el mundo educativo fue inmediato e inmenso, pues cuestiona la idea de que la inteligencia es una capacidad general, única, que todo ser humano posee en mayor

² <http://www.encyclopedia.com/topic/intelligence.aspx>

o menor medida, y que puede medirse mediante instrumentos creados a tal efecto. El nuevo concepto de inteligencia que propone, se define como la capacidad de resolver problemas, o de crear productos, que sean valiosos en uno o más ambientes culturales. Señala además que el ser humano posee ocho inteligencias (teoría de las Inteligencias Múltiples-IM), entre ellas, la inteligencia espacial.

- Inteligencia lógica-matemática.
- Inteligencia lingüística.
- Inteligencia espacial.
- Inteligencia musical.
- Inteligencia corporal-cinética.
- Inteligencia naturalista.
- Inteligencia interpersonal.
- Inteligencia intrapersonal.

En definitiva Gardner propone un modelo donde la inteligencia se comporta como un conjunto de habilidades que se pueden mejorar y desarrollar mediante el entrenamiento, siendo claves aspectos como la motivación (Gardner, 1993). Por ejemplo un deportista de alto nivel requiere de un entrenamiento intenso aunque sus capacidades innatas sean muy buenas. Según esta teoría, todos los seres humanos poseen las ocho inteligencias en mayor o menor medida.

Sobre la inteligencia espacial, Gardner afirma que el conocimiento espacial puede servir como un instrumento útil, un auxiliar para el pensamiento, un modo de capturar información, un modo de formular problemas o el propio medio de resolverlos. Hay quienes consideran que habiendo alcanzado un individuo una facilidad verbal mínima, su destreza en la habilidad espacial determinará hasta donde progresará en las ciencias. El lenguaje del espacio o pensar en el medio espacial es *pensar en tres dimensiones...* y es como... *aprender un idioma extranjero*.



Con el fin de inyectar rigor científico a la controversia existente sobre la inteligencia surge "**Mainstream Science on Intelligence**", se trata de una declaración colectiva escrita por la profesora de psicología Linda Gottfredson, y firmado en su propio nombre y otros 51 profesores especializados en la inteligencia (Gottfredson, 1994).

Según esta declaración, la inteligencia se puede describir como *"Una muy general capacidad mental que, entre otras cosas, implica la habilidad de razonar, planear, resolver problemas, pensar de manera abstracta, comprender ideas complejas, aprender rápidamente y aprender de la experiencia. No es un mero aprendizaje de los libros, ni una habilidad estrictamente académica, ni un talento para superar pruebas. Más bien, el concepto se refiere a la capacidad de comprender nuestro entorno."*

Sjölinger (1998), está de acuerdo con Cattell en que la inteligencia general puede dividirse en inteligencia fluida (innata), que es la habilidad para razonar y aplicar la información que se conoce a nuevas situaciones y se evalúa con pruebas de capacidad de razonamiento, con pruebas matemáticas y de capacidad espacial y la inteligencia cristalizada (aprendida) que utiliza lo aprendido para emitir juicios y resolver problemas.

Las definiciones propuestas para la capacidad espacial son muy numerosas:

- Las capacidad espacial es la función cognitiva que hace posible que las personas puedan enfrentarse con eficacia a las relaciones espaciales, a las tareas visuales espaciales, y la orientación de los objetos en el espacio (Sjölinger, 1998)

- La habilidad espacial (HE) es algo más que la capacidad mental de obtener mentalmente representaciones pictóricas. La HE incluye el análisis estructural de las relaciones operacionales a fin de que pueda tener lugar el pensamiento y La visualización espacial implica la comprensión y la realización de imaginar los movimientos de los objetos en 2 - y 3-dimensiones en el espacio (Keller, Wasburn-Moses, & Hart, 2002). El "conocimiento espacial" se produce cuando la visualización y el pensamiento relacional se aplican conjuntamente (Lowrie, 1994).
- Para Newcombe & Huttenlocher (2000), la habilidad espacial es una capacidad importante de la inteligencia humana separada del comportamiento cognitivo y neurológico.
- La capacidad de percibir patrones espaciales o para establecer la orientación con respecto a los objetos en el espacio (Egan, 1988).

Carroll, en el texto *Human cognitive Abilities* (1993) define la habilidad espacial como la capacidad de generar, mantener y manipular imágenes visuales abstractas. En el nivel más básico, el pensamiento espacial es la capacidad de codificar, recordar y transformar-combinar los estímulos espaciales.

Saorín (2006), aporta una completa definición para la capacidad espacial basándose en las definiciones de las componentes de la capacidad espacial propuestas por varios autores (Guilford & Zimmerman, 1947), (Pellegrino, Alderton, & Shute, 1984), (Linn & Petersen, 1985): "La habilidad de manipular mentalmente los objetos y sus partes en un espacio bidimensional y tridimensional. Desde la perspectiva de su medición se puede entender como la habilidad de realizar rotaciones y comparaciones de cubos bidimensionales y tridimensionales (Relaciones Espaciales) y la habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegados de sus caras (Visualización Espacial)."

Aunque con carácter general se suele considerar los términos habilidad espacial y capacidad espacial como sinónimos, es necesario distinguir entre aptitud, destreza, habilidad y capacidad espacial.

El diccionario de la Real Academia Española, define el término *Capacidad* como *la cualidad que dispone a alguien para el buen ejercicio de algo*. Las aportaciones de Sánchez Carlessi y Reyes Romero (2003), acotan los términos que componen la capacidad espacial (aptitud, destreza y habilidad), lo cierto es que si se consultan en el diccionario de la Real Academia Española estos términos (aptitud, capacidad, habilidad y destreza), se origina el problema denominado "de circularidad", ya que son definidos recurriendo a los otros y es difícil lograr establecer una clara diferenciación entre ellos, o explicitar la forma en que se vinculan y/o complementan. Con este punto de partida y partiendo del hecho que, a menudo en la literatura son manejados como sinónimos, se tratará de conceptualizar cada uno de estos términos:

- Se entiende la **aptitud** como una disposición innata, un potencial natural con el que cuenta una persona y que puede ejercerse. Se podría decir que la aptitud es la "materia prima" a partir de la cual es posible el desarrollo de habilidades, y se acepta que el punto de partida no es exactamente el mismo en todas las personas.
- Las **destrezas** pueden considerarse como aquellas habilidades que la persona ha desarrollado con un alto nivel de eficiencia que remitirá en realizar tareas de una forma eficiente.

- La **habilidad** se conceptualiza como la destreza para ejecutar algo que una persona está capacitada.

En cuanto a **aptitud espacial** se podría definir como el potencial innato que un individuo tiene para visualizar mentalmente un objeto de forma que sea capaz de hacerlo antes de haber realizado cualquier tipo de entrenamiento o tarea que pueda afectarles, de modo que esta aptitud contiene un cierto componente genético o hereditario (Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003). Algunas personas pueden tener un mayor grado de aptitud innata, pero esta habilidad se puede adiestrar a través de la práctica y el entrenamiento (Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2003).

Se considera que las **habilidades** son "educables" en el sentido de que es posible contribuir a su desarrollo de diversas formas: según el proceso de transmitir el conocimiento, según las técnicas para llevar a cabo el aprendizaje, según cómo se utilicen los recursos didácticos o la calidad de los materiales...

Moreno Bayardo (1998), comenta que la vinculación de los conceptos anteriores (aptitud, destreza y habilidad) constituyen un rasgo intrínseco ser humano (**la capacidad**), que hacen posible, a partir de un potencial inicial, un ejercicio que conlleva al individuo a aprender interactuando, tanto en su entorno familiar y social como en los procesos educativos formales.

El desarrollo de habilidades tiene además, como nota característica, la posibilidad de transferencia, en el sentido que una habilidad no se desarrolla para un momento determinado, sino que se convierte en una cualidad, en una forma de respuesta aplicable a múltiples situaciones que comparten esencialmente la misma naturaleza; por ello se dice que las habilidades desarrolladas por un individuo configuran una forma peculiar de resolver tareas o resolver problemas en áreas determinadas. Por tanto La capacidad espacial supone la integración de aptitudes, habilidades y destrezas (Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003).



Fig. 2.4 Concepción de Capacidad espacial. Fuente (Sánchez Carlessi, 2003)

El hecho que las habilidades sean educables, y en referencia a la actuación del docente, Moreno Bayardo (1998) comenta, advirtiéndole a los profesores que quieren desarrollar las habilidades espaciales de sus estudiantes, que *"no se trata de realizar las mismas estrategias didácticas que se ponen en práctica cuando los objetivos consisten básicamente en lograr el buen manejo de los contenidos de aprendizaje: se trata de modificar estructuralmente dichas estrategias, de forma acorde con el nuevo objetivo"*

educativo, y para eso habrá que comenzar por realizar un fuerte trabajo de conceptualización”

2.3. ESTRUCTURA DE LA HABILIDAD ESPACIAL.

No cabe duda que la habilidad espacial es una componente de la inteligencia humana puesto que numerosas investigaciones lo respaldan pero no hay un acuerdo claro acerca de las sub-habilidades que forman esta componente de la inteligencia (Stumpf & Eliot, 1999). McGee (1979), distingue cinco componentes de las habilidades espaciales: percepción espacial, visualización espacial, rotaciones mentales, relaciones mentales y orientación espacial.

Algunas de las teorías más aceptadas son el trabajo de Lohman (1996) y el meta-análisis de Linn & Petersen (1985) que distinguen tres categorías o componentes que forman la habilidad espacial:

- **Percepción espacial**, es la capacidad de determinar las relaciones espaciales de los objetos aun existiendo información que puede distraer al individuo.
- **Orientación espacial o Rotación mental** es la capacidad de rotar con la imaginación, de forma rápida y acertada las figuras bidimensionales u objetos tridimensionales.
- **Visualización espacial** se refiere a la capacidad de manipular la información espacial compleja cuando son necesarias varias operaciones para obtener la solución correcta.

Los autores Halpern & LaMay (2000), añaden otros dos tipos o categorías: *habilidad espacio-temporal* y *memoria de imagen espacial*. El primero se refiere a la capacidad de identificar cambios producidos por aspectos dinámicos en los que actúa el tiempo con referente al espacio. Es decir en un momento determinado el objeto tiene una forma, orientación, color... y en otro momento estas características cambian, de forma que se puede identificar como la capacidad de respuesta al movimiento visual. El segundo se refiere a generar en la mente una imagen y utilizarla para realizar una determinada tarea cognitiva, por ejemplo generar una imagen como la forma de una letra del alfabeto, y a continuación utilizar la información en la imagen para realizar una determinada tarea.

Otros investigadores del ámbito de la psicología (Pellegrino, Alderton, & Shute, 1984) y de la ingeniería (Olkun, 2003) simplifican ésta clasificación a dos categorías:

- **Relaciones espaciales**, se define como la habilidad para imaginar rotaciones en 2D y 3D. (Según los autores, esta capacidad incluye las categorías “rotaciones mentales” y “percepción espacial”).
- **Visualización espacial**, es la habilidad de reconocer objetos tridimensionales mediante el plegado y desplegado de sus caras.

Maier (1998), propone al igual que McGee cinco componentes principales en las habilidades espaciales y los define de la siguiente forma:

- **Relaciones espaciales - Spatial Relations (SR)** se refiere a la percepción de la posición de un objeto en relación a una posición anterior, considerando tamaño, distancias, volumen o cualquier otro signo distintivo.
- **Percepción espacial - Spatial perceptions (SP)** es la capacidad para determinar las relaciones espaciales entre objetos, a pesar de la existencia de información que no es significativa.
- **Visualización espacial - Spatial Visualization (SV)** es la capacidad de manipular mentalmente, las imágenes visuales. Esto puede implicar imaginar las rotaciones de objetos en el espacio.
- **Rotación mental - Mental Rotation (MR)** se refiere a la capacidad de rotar mentalmente imágenes visuales. Estas imágenes pueden ser bidimensional o tridimensional.
- **Orientación espacial - Spatial orientation (SO)** es la capacidad de orientarse física o mentalmente en el espacio. La posición espacial de una persona es esencial para esta tarea.

En general la mayoría de autores e investigadores reconocen dos factores: rotación mental (MR)³ y Visualización (SV). Aunque en algunas investigaciones recientes, en las que ha sido objeto de medición las capacidades espaciales, se ha incluido una tercera categoría: la Percepción Espacial (SP) (Hegarty & Waller, 2004), (Kaufmann, Steinbügl, Dünser, & Glück, 2003).

Bodner and Guay (1997), consideran que la orientación y la visualización son las dos categorías principales, como resultado del análisis factorial de distintas pruebas utilizadas para medir la capacidad espacial.

Smith (2001) define la *visualización espacial* como la capacidad para resolver problemas que precisan varios pasos para resolverse y están basados en cambios de formas, para llegar a la solución hay que recurrir principalmente a imágenes mentales que establezcan relaciones topológicas y geométricas del problema. Potter & van der Merwe (2003) explican que la *visualización espacial* se refiere a la capacidad de rotar mentalmente en el espacio 2-D y 3-D objetos que pueden tener una o más partes móviles. La consideran una capacidad basada en tareas complejas que implican la manipulación mental de los objetos y la integración de las múltiples partes móviles de dichos objetos en el proceso mental. La *percepción espacial* la describen como una sensación en el cerebro donde ocurren de forma inmediata los estímulos. Un individuo percibe un objeto o una presencia, de forma consciente o inconscientemente. Un ejemplo es la percepción de las medidas adoptadas durante la conducción de un automóvil. Hay objetos que estimulan inmediatamente el cerebro y causa la acción del conductor (frenar ante el frenazo del vehículo que está delante o aparcar sin subirse al bordillo del acerado). La percepción no incluye la memoria, la reflexión, la conciencia o razonamiento. La *orientación espacial* es considerada como la capacidad de orientarse en el espacio con relación a otros los objetos y la conciencia de donde se encuentra el observador.

³ Algunos autores consideran rotación mental y orientación espacial la misma categoría.

La clasificación propuesta por Carroll (1993), es la que se ha considerado en la parte experimental de este trabajo para medir las habilidades espaciales. Se consideran dos sub-habilidades: la visualización y la rotación mental.

- ✓ **Rotación mental (MR)** es definida como la velocidad mental para girar formas simples y reconocerlas en otra posición.
- ✓ **Visualización (Vz)** la define como la capacidad de manejar mentalmente formas complejas.

Autor	Componentes del factor espacial	
McGee(1979)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relaciones espaciales (SR) ✓ Percepción espacial (SP) ✓ Visualización espacial (SV) ✓ Rotación mental (MR) ✓ Orientación espacial (SO) 	5 Componentes
Maier (1998)		
Linn y Petersen (1982)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Percepción espacial. ✓ Visualización espacial. ✓ Rotación espacial. 	3 Componentes
Pellegrino (1984)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relaciones espaciales. (incluye rotaciones mentales y percepción espacial). ✓ Visualización espacial. 	2 Componentes
Olkun (2003).		
Carroll (1993).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rotación Mental. ✓ Visualización espacial. 	2 Componentes

Tabla 2. 1. Clasificaciones más seguidas en las investigaciones sobre el factor espacial.

Para concluir, los resultados de los análisis estructurales de la habilidad espacial realizados por los distintos investigadores son muy convergentes. Al menos dos factores coinciden de manera consistente: "relaciones espaciales", que se identifica con la rotación mental y "Visualización", que incluye todas las tareas espaciales realizadas mentalmente.

2.4. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES.

Las diferentes líneas de trabajo e investigaciones en el ámbito de la psicología por encontrar una forma de medir la inteligencia y en consecuencia los factores que la integran, han hecho proliferar multitud de test.

En cuanto a las capacidades espaciales se han desarrollado numerosos test diferentes con objeto de medir dicha habilidad o alguna de sus componentes. En apartados anteriores se han expuesto las principales líneas de investigación que han establecido una clasificación de las componentes de la habilidad espacial.

En la tabla 2.2 y 2.3 aparecen los test más utilizados para medir las componentes que forman las habilidades espaciales.

Algunos autores han desarrollado test informatizados para medir alguna de las componentes de la habilidad espacial (Prieto, Carro, Orgaz, & Pulido, 1993), (Hartman, Connolly, Gilger, Bertoline, & Heisler, 2006). Por otra parte Chay (2000), ha desarrollado

una versión online del test de rotación mental de Vandenberg & kuse (1978). Pero ninguna de ellas ha sido validada mediante un estudio estadístico que garantice la obtención de parámetros de referencia.

Una interesante investigación en curso (Sutton & Williams, 2008), está desarrollando el test **3D AbilityTest (3DAT)** con objeto de medir las componentes de la habilidad espacial, de forma informatizada utilizando plataformas web y multimedia. Actualmente (Octubre 2009) está pendiente de validación de modo que no se está utilizando, aunque en un futuro próximo, éste tipo de herramientas serán las que se podrán utilizar para medir las habilidades espaciales. Esta herramienta estará formada por una batería de test que miden las cinco componentes que forman las habilidades espaciales enumeradas por Maier (1998) y está orientada para medir estas habilidades en el ámbito de la ingeniería (Sutton & Williams, 2008), (Sutton, Heathcote, & Bore, 2007).

RELACIONES ESPACIALES			
Nombre del Test	Acrónimo	Autores	Descripción
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA -SR	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	Vandenberg 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	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
Generis Mental Rotación Tasks		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		Duerman - Salde 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		Duerman - Salde 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	Guay R. B, 1977	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio
Rod-and-frame test	RFT	Witkin y Asch, 1948	Requiere ajustar una barra a la vertical
The Water Level Test	WLT	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor

Tabla 2.2 Test para medir las Relaciones Espaciales. Fuente Saorín, 2006 y Sjørlnde,2008.

VISUALIZACIÓN ESPACIAL			
Nombre del Test	Acrómino	Autores	Descripción
Paper Form Board	PFB	Likert y Quasha, 1941	Hay que decidir entre cinco opciones, cuál de los dibujos bidimensionales puede ser construido mediante un juego de fragmentos que se suministra
Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset	DAT – SR	Bennet, Seasharo y Wesman, 1947	Se requiere relacionar una forma tridimensional con la imagen de su desarrollo en dos dimensiones
Identical Blocks Test	IBT	Stafford, 1961	Hay que indicar qué 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, Intelligence Scale-Revised and the Weschler Intelligence Scale for Children		Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar cuál, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado
Embedded Figures Test (Various adult and children's versions)	EFT and CEFT	and Wilkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	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	Rensis Likert y Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados
Middle Grades Mathematics Project (1983).	Spatial visualisation test,	Department of Mathematics, Michigan State University, USA.	

Tabla 2.3 Test para medir la Visualización espacial. Fuente Saorin,2006 y Sjolinde,2008.

En la parte experimental de esta tesis, para medir las habilidades espaciales se ha seguido la clasificación propuesta por Carroll, y las herramientas para medir cada una de las componentes han sido los test MRT y DAT-5.

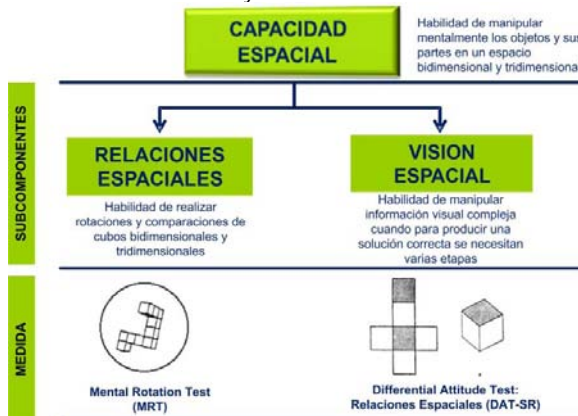


Fig. 2.5 Subcomponentes y test de medida del factor espacial. Fuente (Saorín, Contero, Martín-Dorta, Martín-Gutiérrez, & Navarro, 2009)

2.5. IMPORTANCIA DE LA HABILIDAD ESPACIAL.

La habilidad espacial es una capacidad básica, presente en las actividades cotidianas. Además es una capacidad, que se requiere en el pensamiento matemático, en la representación e interpretación de planos, mapas, gráficos o diagramas, incluso es necesaria para comprender las descripciones verbales de contenido espacial, tales como seguir una dirección, seguir instrucciones para un equipamiento o seguir una receta de cocina.

Todo lo que nos rodea, nuestro mundo es intrínsecamente geométrico. Para poder interpretar, entender y apreciar cuanto está a nuestro alrededor, es necesaria la comprensión espacial (Lowrie, 1994).

Según Newcombe & Huttenlocher (2000), el uso de herramientas, la fabricación de artefactos y la creación de productos, se ha convertido en actividades cotidianas de las personas. De modo que la capacidad espacial es una competencia fundamental para la actividad diaria. La capacidad de imaginar y construir, probablemente aumenta el desarrollo intelectual.

Según Olkun (2003) el pensamiento espacial se utiliza para representar y manipular información durante el proceso de aprendizaje y para resolver problemas. Estas capacidades son requeridas en áreas de carácter técnico y científico para resolver problemas de ingeniería, diseño, física y matemáticas.

La capacidad espacial también es relevante para resolver problemas que no dependen de componentes espaciales. Algunos problemas, estrategias o situaciones no precisan de la capacidad espacial para alcanzar una solución, pero en cierto grado la influencia de las habilidades espaciales pueden ayudar a evaluar y resolver dichos problemas.

A menudo los resultados, análisis, hipótesis e ideas se reflejan en diagramas y otras representaciones gráficas (Chandrasekaran, 1997), como una forma de codificar la información de una forma espacial, para lo que es necesario disponer de cierta habilidad espacial.

Numerosos investigadores han señalado que una buena conceptualización del espacio es una necesidad para la ingeniería, así como para otras disciplinas de las ciencias y las matemáticas (Kinsey, 2003). Zacks et al. (2000) afirman que la capacidad de imaginar y de razonar acerca de los cambios de los objetos y su distribución espacial es importante tanto para la vida cotidiana como para el razonamiento en ámbitos técnicos. Una suficiente capacidad espacial ha sido asociada con el éxito en la educación en ciertos aspectos cognitivos. También ha sido asociada al éxito en ocupaciones como la arquitectura, la química, medicina y cirugía, así como en ciertos oficios y puestos industriales (Shea, Lubinsk, & Benbow, 2001). Este punto de vista también es apoyado por estudios realizados en ámbitos tan dispares como la astronomía, la música y la geología (Mohler, 2001).

El estudio de Tai, Yu, Lai, & Lin (2003), examinó los efectos de la capacidad espacial en cuanto a su influencia en la habilidad de pensamiento lógico de los estudiantes con respecto al lenguaje de programación. Los resultados indican que existe correlación entre la habilidad espacial y la habilidad para trabajar el lenguaje de programación, es decir programar.

La adquisición de habilidades espaciales son de gran interés en áreas tales como la cirugía, la navegación, formación para pilotar vehículos, radiología... En campos como la biología, la anatomía, la histología, y la botánica, donde las muestras se presentan a menudo como representaciones en 2-D, para lo cual se requiere un alto nivel de capacidad espacial para visualizarlas y poder interpretarlas (LeClair, 2003).

El centro para jóvenes talentos de la universidad Johns-Hopkins⁴, dispone de una batería de test de medidas, para detectar personas con capacidades intelectuales extraordinarias. En concreto el test espacial considera que la capacidad espacial es importante en la visualización de la estructura de moléculas complejas de la química.

Las capacidades espaciales permiten a los estudiantes pensar espacialmente y utilizar tecnologías tan simples como un gráfico de barras y tan complejo como el GPS, programas CAD, y sistemas de realidad virtual. Es fundamental que los estudiantes dispongan de estas habilidades (NRCNA, 2006).

En cuanto a las referencias sobre habilidad espacial en el ámbito de ingeniería se expondrán de forma más amplia en los apartados 2.9 y 2.10, aunque se adelantarán las aportaciones de Devon, Engle, Foster, Sathianathan, & Turner (1994), en este campo: "las habilidades de visualización espacial son una componente importante de la ingeniería debido a su relación directa con la comunicación gráfica y con el diseño" y McGee, (1979) concluye en su trabajo que disponer de un buen nivel de habilidades de visualización espacial está correlacionado con la obtención de buenos resultados en los estudios de ingeniería y de matemáticas.

2.6. DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL.

Los factores cognitivos de la capacidad espacial se desarrollan cuando los seres humanos interactúan con el mundo que les rodea. Las personas adquieren conocimientos a partir de la interacción con los objetos, utilizando y manipulando los elementos que les rodea de forma que el conocimiento se adquiere a través de la observación y la interacción.

Se denomina *conocimiento declarativo* a la información que se adquiere mediante el aprendizaje y se utiliza para la comunicación, por ejemplo, el conocimiento de que una esfera es redonda y nos referimos a este concepto para explicar la forma que tiene el planeta tierra (Isaac & Marks, 1994). La adquisición de cierto nivel de habilidad espacial, proviene del conocimiento declarativo, ya que se adquiere de una forma involuntaria.

Potter y van der Merwe (2001) señalan las teorías de Piaget, para sugerir que la percepción, las imágenes mentales, y el idioma se desarrollan a lo largo de toda vida de las personas, como procesos que se utilizan en el pensamiento.

Las habilidad espacial comienza a desarrollarse, cuando siendo bebés interactuamos con el entorno y al avanzar en edad, se desarrolla la comprensión del espacio mediante la inteligencia (Newcombe & Huttenlocher, 2000). Sobre esta afirmación Lowrie (1994), comenta que un niño puede recorrer un camino para buscar o conseguir algo, pero carece de la capacidad de seguir un mapa, un gráfico o una explicación verbal que explique cómo llegar al lugar que buscan.

⁴ <http://cty.jhu.edu/>, Center for Talented Youth – Johns Hopkins University.

La adquisición de los conocimientos espaciales se puede dividir en aprendizaje espacial primario y secundario:

El primario se refiere a los recuerdos obtenidos por la experiencia de forma que para adquirir este aprendizaje, la mente se basa en tres mecanismos:

- Establecimiento de hitos o puntos de referencia.
- Relacionar rutas conocidas e hitos de referencia similares.
- La observación y la interacción con los elementos espaciales.

El aprendizaje espacial (secundario) se refiere a los conocimientos que se adquieren mediante el estudio de mapas, gráficos, etc.... A la hora de utilizar estos aprendizajes, la memoria obtenida por la experiencia es diferente a la obtenida a partir de las representaciones gráficas (Sjölinder, 1998).

Bunch (2005) describe la teoría de “cazadores–recolectores”, basada en la idea de que las personas que tienen muchas experiencias para solucionar problemas espaciales aprenden estrategias que mejoran su capacidad espacial. La teoría “cazadores-recolectores” se refiere a que biológicamente los hombres evolucionaron como cazadores, mientras que las mujeres han evolucionado como recolectores, de forma que sus habilidades espaciales han sido adaptadas a las actividades que han realizado.

El hecho de participar en tareas que requieren resolver problemas que tengan alguna componente espacial, como hacer deporte, diseñar objetos, fabricar objetos, manualidades, etc... desarrolla la habilidad espacial (Saorín J. , 2006).

La habilidad espacial adquirida por la formación a través de un entrenamiento específico, ha servido para establecer las diferencias de género en los niveles de las capacidades de visión espacial (Alias, Black, & Gray, 2002), (Schultz, Huebner, Main, & Porhownik, 2003).

Algunos estudios reconocen que las personas que practican alguna actividad musical como cantar o tocar un instrumento, tienen además un buen nivel de capacidad espacial. En algunos de estos estudios se concluye que la capacidad para reconocer, ejecutar o crear un patrón melódico (una canción) es una capacidad mental similar a la tarea de rotación (Hassler, Birbaumer, & Feil, 1985).

Investigadores de las ciencias cognitivas explican las diferencias entre las capacidades espaciales en los individuos por aspectos de tipo biológico, sociocultural, entorno y se exponen en el próximo apartado.

En conclusión:

- El desarrollo de la habilidad espacial se produce cuando las personas interactúan con el mundo que les rodea, empezando en la infancia.
- Los conocimientos y habilidades se desarrollan a lo largo de la vida a través del aprendizaje y de la experiencia directa. Existen múltiples teorías sobre los efectos biológicos, los factores ambientales, sociales y culturales en el desarrollo de habilidades espaciales.

2.7. MEJORA DE LA CAPACIDAD ESPACIAL.

Numerosos estudios han indicado que la capacidad espacial puede mejorarse a través de la formación si se proporcionan los materiales apropiados (Cohen, Hegarty, Keehner, &

Montello, 2003), (Kinsey, 2003), (Newcomer, Raudebaugh, McKell, & Kelley, 1999), (Potter & Van der Merwe, 2001).

La evidente relación entre el pensamiento espacial y la geometría sobre la que se basa la ingeniería gráfica, es indicativo para considerar que se podría trabajar con la hipótesis de que la geometría puede ayudar a mejorar la capacidad espacial (Cohen, Hegarty, Keehner, & Montello, 2003), (Olkun, 2003).

Según algunos investigadores (Terlecki & Newcombe, 2005), (Feng & Spence, 2007), el uso de videojuegos puede llegar a ser una herramienta que mejora estas capacidades, y los hombres son mayores consumidores de videojuegos que las mujeres (éste podría ser un indicativo de la ventaja de género que se tratará en el apartado 2.8).

Actualmente, se han incorporado en las aulas docentes, nuevos recursos docentes (ordenadores, proyectores, cámaras, pizarras interactivas, videoconferencias, etc...) que pueden utilizarse de una manera eficaz para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Se ha demostrado que los ordenadores pueden mejorar el aprendizaje mediante cuatro características fundamentales (Roschelle, Pea, Hoadley, Gordin, & Means, 2001):

1. La participación activa del alumno.
2. Participación en grupos.
3. Una interacción frecuente y la retroalimentación.
4. Conexiones con los contextos del mundo real.

El papel de las tecnologías de visualización (multimedia, web, CAD...) es proporcionar un mecanismo eficaz para la comunicación que permitirá a una persona sin conocimientos previos, ver y entender conceptos. La utilización de esas tecnologías, teniendo en cuenta las cuatro características anteriores, pueden utilizarse para formular metodologías y establecer estrategias para desarrollar las habilidades espaciales de los estudiantes.

Son muy numerosos los trabajos e investigaciones realizadas en el campo de la mejora de la capacidad espacial y en este apartado se indica de forma representativa algunas aportaciones, y en el bloque 2 de este capítulo se realizará una exposición más exhaustiva teniendo en cuenta las estrategias y metodologías utilizadas.

- S.E. Wiley (1990) en su investigación concluye que los modelos sólidos 3D y la animación de estos modelos, pueden ayudar a desarrollar la capacidad espacial.
- Devon et al (1994), demuestran que el uso de los modelos sólidos, incrementan los niveles de visualización espacial en mayor medida que los gráficos CAD en dos dimensiones.
- Rafi, A. et al, (2008, 2006, 2005) demuestran el efecto de la mejora de la capacidad espacial en hombres y mujeres, mediante distintos tipos de entrenamiento basados en entornos multimedia y Web.
- Dünser, A et al. (2006) concluyen que la tecnología de realidad aumentada es una herramienta muy útil para el entrenamiento de las habilidades espaciales, se basan en la experiencia del uso de la aplicación Construc3D, desarrollada para la educación de geometría.
- Sheryl Sorby, propone cursos que mejoran la capacidad espacial utilizando aplicaciones multimedia y software CAD entre otros, para aplicar técnicas de visualización de piezas en 3D, con objeto de minimizar las diferencias en estas capacidades entre hombres y mujeres en los niveles de educación universitarios (Sorby, Hamlin, & Veurink, 2008), (Medina, Gerson, & Sorby, 1998), (Boersma, Hamlin, & Sorby, 2004).

- Martín-Dorta, Saorín & Contero (2008a), comparan el efecto de diferentes estrategias para la mejora de la capacidad espacial y demuestran que el uso del software Google Sketch Up es una alternativa factible de ser incluido en estas estrategias.

Por otra parte los docentes de asignaturas de Geometría Descriptiva, han tenido la necesidad de contribuir para mejorar la capacidad espacial en los alumnos, ya que los contenidos de Geometría Descriptiva se aprenden con mayor facilidad cuando se dispone de buenos niveles de capacidad espacial (Potter & Van der Merwe, 2001).

- Leopold C., (2005) presenta en este trabajo varios materiales didácticos utilizados con estudiantes de ingeniería para desarrollar las habilidades de visualización espacial.
- Tsutsumi, E. et al, (2005) comparan la mejora adquirida por estudiantes de cinco universidades de Austria y Alemania, en asignaturas de Geometría Descriptiva y concluyen, que el efecto de las asignaturas no es solo de mejora en la capacidad espacial sino que desarrollan un sentido lógico para resolver situaciones y emitir juicios.
- Németh, B. (2007) evalúa el efecto de la asignatura de Geometría Descriptiva. En el análisis de las medidas obtenidas, observa diferencia significativa en las capacidades visuales adquiridas por los alumnos, pero no detecta diferencias de género en el resultado.

2.8. GÉNERO Y CAPACIDAD ESPACIAL.

Las diferencias en los niveles de capacidad espacial entre hombres y mujeres han sido investigadas en numerosos estudios de los que se desprende que en tareas que requieren procesos de habilidades espaciales, los hombres muestran ventaja si se comparan con mujeres (Linn & Petersen, 1985), (Stumpf & Eliot, 1999), (Voyer, Nolan, & Voyer, 2000) (Voyer, Voyer, & Bryden, 1995). En algunos de estos trabajos se concluye diciendo que las rotaciones mentales y la visualización de perspectivas son las diferencias en habilidades espaciales en cuanto a género, con una ventaja del hombre, mientras que la mujer muestra ventaja en las tareas de memoria visual (Stumpf & Eliot, 1999).

Stumpf (1995), realiza un estudio sobre las diferencias de género realizando la medición de los factores que forman la inteligencia. Incluye en este trabajo, una tabla con los resultados de otros autores en los que, si nos centramos en las componentes espaciales se puede observar que el sexo masculino ha resultado en todos los estudios predominante con respecto al sexo femenino.

Results of Major Review Studies on Gender-Related Differences in Cognitive Abilities¹

	<i>Guilford (1967)</i>	<i>Maccoby & Jacklin (1974)</i>	<i>Hakstian & Cattell (1975)</i>	<i>Sherman (1978)</i>	<i>Born et al. (1987)</i>	
General Intelligence	-	ns	ns	ns	m	(.04)
Reasoning	m, f ²	ns	c	-	m	(.08)
Verbal	f	f ³	ns	f	f	(-.04)
Number	-	m ⁴	ns	m ⁴	m	(.37)
Memory	f	ns	f	-	f	(-.08)
Perceptual Speed	f	-	f	-	f	(-.49)
Fluency	f	f	f	-	ns	(.02)
Closure	m	m ⁵	m	-	m	(.06)
Space General	-	m ⁵	m	m	m	(.30)
Space Orientation	m	-	-	-	m	(.35)
Space Visualization	m	-	-	-	m	(.28)

Note: f = advantage for females; m = advantage for males; ns = not significant; c = conflicting results; - = factor not included.

¹Adapted from Born et al. (1987).

²Advantage for males in arithmetic reasoning; advantage for females in PMA reasoning.

³No significant differences for persons of 3–10 years of age.

⁴No significant differences for persons under 13 years of age.

⁵Combined in the Spatial Visual factor.

Tabla 2.4. Resultados de los principales estudios respecto a las diferencias de género en habilidades cognitivas. (Stumf,1995)

Las investigaciones de Luehring & Altman (2000), Walter, Roberts, & Brownlow (2000) y Cladellas & Castelló (2008) obtienen como resultados que el sexo masculino, es más rápido y comete menos errores realizando tareas de rotación mental que el sexo femenino.

Por otra parte, algunos investigadores de las ciencias cognitivas sugieren que estas diferencias pueden ser debidas a una serie de condicionantes distintas del simple hecho de ser hombre o mujer. Estas diferencias pueden estar influenciadas por el entorno social (Baenniger & Newcombe, 1989), (Robichaux, 2003), por aspectos de tipo biológicos socioculturales (Massa, Mayer, & Bohon, 2005) o por el grupo socioeconómico al que pertenece el individuo (Levine et al, 2005). El estudio de Robichaux analiza el impacto que los aspectos culturales y el entorno social tienen sobre la mejora de la capacidad espacial en los niños. Llegó a la conclusión que los niños que crecen en ambientes que promueven la realización de actividades espaciales en la escuela como realizar figuras con bloques, jugar, relacionarse con otros niños, o si en el entorno familiar se realizan tareas con componente espacial como ordenar, leer, practicar deportes..., tienen mayor capacidad espacial que los niños que no tienen estas influencias.

Levine et al (2005), a partir de la idea que los hombres tienen ventaja respecto a las mujeres en capacidad espacial, analizan si esta ventaja masculina varía en diferentes grupos socioeconómico. El estudio concluye con el hallazgo de que la ventaja en las habilidades espaciales es sensible a las variaciones en los diferentes grupos socioeconómicos.

A la vista de estos textos, podría ser un buen indicador poder conocer la relación entre las tareas habituales que realizan hombres y mujeres y las habilidades espaciales. En esta línea Eals & Silverman (1994), mencionan que las diferencias entre hombres y mujeres de deben a una base socio-biológica y se apoyan en la teoría, muy popular en el ámbito psicológico, del *hunter-gatherer* (cazador-recolector). Esta teoría, mencionada anteriormente, describe las diferencias de género como resultado de la evolución humana:

en los inicios de la existencia del hombre, éste vivía en grupos de cazadores-recolectores. En una sociedad así, los hombres eran cazadores y además, participaban en tareas en las que era necesario el empleo de habilidades espaciales. Las mujeres eran recolectoras, por lo que sobresalían en tareas relacionadas con la atención visual (enviar información visual directamente a la mente no consciente, así se memorizan datos de forma diferente a cuando centralizamos la vista en memorizar datos concretos, se podría relacionar con la expresión de "tener visión fotográfica").

Los estudios más referenciados que tratan la medida de las habilidades espaciales en clave de género, indican la existencia de diferencias en cuanto a niveles de rotación mental, y no en la visualización espacial:

- Según Burin, Delgado, & Prieto (2000), la mayor diferencia se da en los niveles de rotación mental, con una clara ventaja en los hombres, mientras que las pruebas de visualización espacial, muestran unas diferencias por género muy pequeñas y en ocasiones nulas. Esta afirmación también ha sido documentada en Sorby S. (1999a).
- Linn y Petersen, a partir del meta-análisis desarrollado en 1985 concluyen que los hombres superan a las mujeres en los test de rotación mental y en percepción espacial, pero en los test de visualización espacial, no se aprecia diferencia significativa (Linn & Petersen, 1985).
- En el estudio meta-análisis realizado Baenninger y Newcombe (1989), se indica que el entrenamiento de las habilidades espaciales implica una mejora en la capacidad espacial tanto en hombres como en mujeres. Este hecho ha impulsado el desarrollo de programas de desarrollar las habilidades espaciales.

En Silverman, Choi, & Peters (2007), se presenta un meta-análisis para estudiar las diferencias de género en 40 países. Los resultados muestran la supremacía de los niveles de HE en los hombres, pero en 35 de estos países las mujeres muestran mejor capacidad de memorizar que los hombres.

Teniendo en cuenta el tipo de actividad desarrollada, Haydel (2000) pone de relieve la importancia de la interacción de las personas con el entorno, como jugar con un tipo de juguete determinado o realizar actividades deportivas que tengan un componente espacial. Haydel, tuvo en cuenta el trabajo de Baenninger & Newcombe (1989), para indicar que las mujeres, podrían desarrollar sus habilidades espaciales mediante algún tipo de curso o entrenamiento específico.

Varias experiencias verifican la ventaja de hombres sobre las mujeres en HE:

- La ventaja en los niveles de HE, en hombres con respecto a las mujeres ha sido estudiada ampliamente en Norte América y en países europeos, incluso se han realizado comparaciones entre ambos continentes. En Geary & DeSoto (2001), se referencian algunas de estas investigaciones y realizan dos experimentos para determinar las diferencias por género en los niveles de MRT (rotaciones mentales) en personas adultas de Estados Unidos y China, concluyendo que en ambas naciones la habilidad mental de rotar figuras tridimensionales favorece en mayor medida a los hombres, y no existen diferencias significativas en cuanto a que su origen. De modo que los factores sociales, culturales o el entorno no son determinantes entre las dos naciones estudiadas. La comparación entre naciones

con diferencias sociales, económicas y culturales más dispares, si podrían manifestar diferencias.

- En el ámbito de la psicología Chan (2007), analiza la diferencia en las habilidades espaciales por género, tratando variables como niveles hormonales, maduración psicológica, laterización cerebral y socialización.

Con objeto de buscar una explicación física a la ventaja de los hombres sobre las mujeres en estar dotado o no de capacidad espacial, Rilea (2008) realiza un estudio en el que a los participantes, hombres y mujeres, se les propone realizar dos tipos de ejercicios: rotaciones tridimensionales de figuras, y puzles de desarrollo (plegado) de figuras. Se miden las respuestas de las áreas del cerebro (hemisferio derecho e izquierdo) que son estimuladas al realizar estos ejercicios. Se concluye que las mujeres, en las operaciones de rotaciones no muestran estímulos en el hemisferio derecho del cerebro, especializado en realizar las tareas espaciales. De forma que el procesado de datos en el hemisferio derecho, para las tareas mentales complejas y el tipo de estímulo pueden influir en las HE de hombres y mujeres.

Afortunadamente esta diferencia se puede acortar o incluso eliminar:

- Un entrenamiento basado en ejercicios de **rotaciones mentales** (Turos & Ervin, 2000) acorta las diferencias entre hombres y mujeres en las rotaciones mentales.
- El aprendizaje de dibujo técnico, en primer curso de ingeniería mejora la aptitud de **visualización espacial** de forma semejante en hombres y mujeres (Prieto G. , Velasco, Arias-Barahona, Anido, Núñez, & Có, 2008).

Estos dos estudios apoyan el hecho de que la habilidad espacial se puede desarrollar con el entrenamiento.

Michigan Technological University, ofrece cursos de apoyo⁵ desde 1993, con el objetivo de mejorar la capacidad espacial en los estudiantes de ingeniería de primer curso, en particular de las mujeres, por su desventaja en estas capacidades. El curso *"Intro to Spatial Visualization"*, está dirigido a estudiantes de primer año de ingeniería con necesidades en el desarrollo de habilidades de visualización espacial. Los contenidos del curso incluyen: proyección ortográfica, dibujo isométrico, transformaciones de objetos 3-D en vistas normalizadas, patrones de plegado de los objetos 3-D, y secciones de cuerpos sólidos. Los materiales generados para estos cursos de mejora han sido testeados para comprobar la mejora en relación al género (Sorby, Drummer, Hungwe, Parolini, & Molzan, 2006).

S. Sorby, ha realizado colaboraciones con varias universidades a nivel internacional, con objeto de establecer comparaciones entre los niveles de los estudiantes y los contenidos de las asignaturas de Ingeniería Gráfica, y para confeccionar los materiales que permitan mejorar la capacidad espacial de los estudiantes (Medina, Gerson, & Sorby, 1998). Varias experiencias (Tsutsumi, Shiina, Suzaki, Yamanouchi, Takaaki, & Suzuki, 1999), (Gorska, Sorby, & Leopold, 1998a), (Gorska, Sorby, & Leopold, 1998b) (Németh & Miklos, 2006), realizadas en distintas universidades europeas, muestran diferencias en la componente de visualización espacial entre hombres y mujeres estudiantes de primer curso de ingeniería.

⁵ <http://www.geneng.mtu.edu/courses.html> consultado el 25 de Septiembre 2009.



Fig 2.6 Engineering Fundamental Newsletter - Michigan Tech⁸.

En el centro universitario Penn State Erie -- The Behrend College, han puesto en marcha el proyecto (Penn State-Erie Project) y han desarrollado la Web Site VIZ⁶. Este proyecto surge como consecuencia de encontrar relación entre las bajas calificaciones / bajo rendimiento académico de los estudiantes, con niveles bajos en las habilidades espaciales (Blasko, Holliday-Darr, Mace, & Blasko-Drabik, 2004).

El proyecto EnVISIONS⁷ (Enhancing Visualization Skills—Improving Options aNd Success), prevé la integración de los materiales creados por la Universidad Tecnológica de Michigan y Web site VIZ, que permiten mejorar la visualización espacial, en varios centros universitarios de Estados Unidos (Veurink et al., 2009).

Moè, Meneghetti, & Cadinu (2009), proponen una explicación acerca de la diferencia de género, trazando la hipótesis de que realizar tareas estereotipadas como "masculinas" (resolver problemas matemáticos, practicar deporte, seguir una ruta en un mapa, construir o reparar alguna cosa...) podrían influir para mejorar los niveles del test de rotaciones mentales y los resultados después de realizar una experiencia con mujeres jóvenes, realizando este tipo de tareas, confirman esta mejora.

En un estudio realizado con niños entre 6 y 11 años por Jones & Burnett (2006), comprueban que un corto entrenamiento con puzzles 2D y 3D en ordenador, incrementan la capacidad espacial y se hace la pregunta si podrían incorporarse estas actividades de entrenamiento en el currículum escolar.

Según una experiencia llevada a cabo por Quaiser-Pohl & Lehmann (2002), las habilidades espaciales mejoran más en grupos de estudiantes de Bellas Artes, Ciencias del deporte, Psicología, y menos en los que estudian Tratamientos de imagen por ordenador (estudios oficiales en Alemania). El estudio concluye, afirmando que existe correlación entre mujeres que utilizan ordenador y habilidades espaciales.

El juego con videoconsolas, ha estado ligado como una actividad de chicos, quizás porque los contenidos de los videojuegos más populares han sido enfocados a actividades masculinas, como deportes, acción, etc.... Aunque existen otros tipos de juegos que no tienen porqué relacionarse con el sexo masculino (puzzles, estrategias, aventuras...). En investigaciones de décadas pasadas se pueden encontrar publicaciones que indican que

⁶ <http://viz.bd.psu.edu/viz/> consultado 25 de Septiembre de 2009

⁷ <http://www.nsf.gov/awardsearch/showAward.do?AwardNumber=0714197> consultado 25 de Septiembre 2009

⁸ <http://www.geneng.mtu.edu/newsletter/EF-Newsletter-Nov-2008.pdf>

los videojuegos desarrollan las habilidades espaciales (Gagnon, 1985) (Okagaki & Frensch, 1994). En investigaciones recientes Feng & Spence (2007), demuestran que después de unas pocas horas jugando con un videojuego de acción, los hombres aumentaron sus niveles en las habilidades espaciales y las mujeres también las aumentaron, eliminando la diferencia que tenían con respecto a los hombres antes del juego.

El uso de mapas y realizar recorridos después de una lectura de un plano o una explicación verbal, han sido objeto de estudio para establecer diferencias en género, y la relación entre las habilidades espaciales y el conocimiento geo-cartográfico (Gilmartin & Patton, 1984). Ambos estudios concluyen después de experiencias con participantes de ambos sexos, que las ciencias cartográficas, no revelan claras diferencias por género en cuanto a identificar símbolos, planificar una ruta y orientarse en un recorrido.

Estos estudios, pueden ser discutidos a partir del trabajo de Hegarty, Montello, Richardson, Ishikawa, & Lovelace (2006) que afirman que en efecto no se hallan diferencias cuando se trabaja con muestras a pequeña escala, pero a gran escala sí aparecen estas diferencias. A partir de un estudio con hombres y mujeres jóvenes, a los que se les explica un recorrido por una ciudad, mediante un video y mediante un entorno virtual para luego realizarlo caminando. La experiencia consiste en medir sus capacidades espaciales junto con otras variables, como el tiempo de llegada. El estudio entre otras conclusiones afirma que los hombres tienen mejor sentido de la orientación que las mujeres.

En definitiva, la diferencia en las rotaciones mentales por género podría ser consecuencia del tipo de actividades espaciales que acostumbran a desarrollar. Desarrollar las habilidades espaciales es posible, y las herramientas y métodos para lograrlo están siendo objeto de varios trabajos de investigación en la actualidad. En esta tesis se realiza una revisión bibliográfica de los métodos, herramientas y metodologías sobre este tema y se aportan nuevas herramientas y metodologías para aplicar en el ámbito de la educación en ingeniería.

2.9. HABILIDADES ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE INGENIERÍA.

La capacidad espacial, en las últimas décadas ha sido ampliamente estudiada y reconocida en varios campos de investigación. A pesar de que no se les haya prestado tanta atención como a otras componentes de la inteligencia, como son la capacidad verbal y numérica, la investigación en la capacidad espacial acentúa su importancia en los campos tradicionales de la ingeniería, la tecnología y el arte, así como en cualquier aspecto de la vida.

La capacidad espacial con repercusiones en casi todos los campos científicos y técnicos, sigue siendo un campo activo de investigación, especialmente en el ámbito de la ingeniería. De hecho según Smith I. (1964), la habilidad espacial es una capacidad necesaria en al menos 84 titulaciones americanas diferentes.

Numerosos estudios referenciados en este trabajo, han dejado constancia de la importancia de estas capacidades en el ámbito de la ingeniería, debido a su relación con el diseño y la comunicación gráfica.

Como apunta Ferguson, en *“Engineering and the Mind’s Eye”* (Ferguson, 1992) normalmente se tiende a establecer una conexión intuitiva entre las habilidades espaciales y la ingeniería. Además en la mayoría de artículos que tratan sobre las habilidades espaciales o sus componentes, hacen referencia al hecho de que las profesiones de ingeniería, arquitectura, y en general todas las que tienen que ver con las ciencias, necesitan los buenos niveles de capacidad espacial.

Varios profesores e investigadores relacionados con la ingeniería sugieren la necesidad de desarrollar la HE a partir de los contenidos de las asignaturas de Ingeniería Gráfica (Connolly P. , 2009). Barr (1991) analizó el futuro plan de estudios de las titulaciones de ingenierías teniendo en cuenta las nuevas tendencias del siglo XXI. Señaló en una encuesta realizada a profesores de Ingeniería Gráfica, que el tema que consideran más importante es la inclusión en el programa de sus asignaturas el desarrollo de las habilidades espaciales. También se han referido a este tema los autores Ault (1999), Miller (1999) y Smith (2003).

Branott, Hartman and Wiebe (2002), desarrollan un curso introductorio de Expresión Gráfica enfocado a desarrollar las habilidades espaciales y recomiendan que los temas que se traten para desarrollar estas habilidades sean: modelado 3D, proyecciones ortográficas, imágenes pictóricas y geometría.

Uno de los investigadores más implicados y preocupados por el desarrollo de las habilidades espaciales, formas de remediar los niveles bajos de estas habilidades en los estudiantes de ingenierías, y adaptación de los programas curriculares de Ingeniería Gráfica ha sido la Dra. Sheryl Sorby (Sorby & Barartmans, 1996), (Sorby & Gorska, 1998), (Sorby S. , 2001), (Sorby, Hamlin, & Veurink, 2008), (Sorby S. , 2009). Ella ha demostrado que la enseñar dibujo isométrico, proyección ortográfica, desarrollos de volúmenes, rotaciones de objetos, corte de objetos, etc... desarrollan la habilidad espacial. Sorby también ha demostrado que un programa de estudios preocupado por desarrollar las habilidades espaciales, ayuda a los estudiantes de ingeniería a tener éxito en otras asignaturas relacionadas.

Field, B.W (1999), recomienda fomentar el desarrollo de la habilidad espacial en estudiantes de ingeniería y señala que en aquellos planes de estudios en los que se ha suprimido los contenidos de geometría descriptiva se ha traducido en una disminución de la capacidad espacial en los estudiantes. Contero, Company, Saorin y Naya (2006), también describen la importancia del pensamiento espacial en el programa de Expresión Gráfica. Desde su perspectiva, se debe enfatizar sobre las habilidades espaciales mediante el uso de actividades de proyecciones ortográficas, ejercicios multimedia, interactivos y modelado 3D para trabajar procesos mentales con objetos 3D.

Las páginas siguientes pretenden retroalimentarse del estudio llevado a cabo dentro de la tesis doctoral del Dr. José Luis Saorin Pérez en 2006, titulada *— Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales*, para ampliar y ordenar de forma cronológica los hitos más característicos que relacionan las habilidades espaciales con la ingeniería y los estudios de ingeniería.

2.9.1 Referencias de la capacidad espacial en el ámbito de la Ingeniería Gráfica.

1913. Thomas E. French. En el artículo "The educational side of engineering drawing", No realiza una aportación con una clara referencia a las habilidades espaciales, pero habla del lenguaje gráfico en la ingeniería cuando presenta dos posibles modalidades de aprendizaje en la representación gráfico- geométrica. En una de ellas aconseja iniciar el estudio de la materia con ejercicios de visualización sobre objetos tridimensionales genéricos para pasar posteriormente al análisis de sus componentes geométricos.

1928. SPEE (Society for the Promotion of Engineering Education) crea dentro de la asociación, el departamento de Dibujo en la Ingeniería formado por las áreas de trabajo:

- Objetivos y ámbito de los cursos de Dibujo en Ingeniería.
- Objetivos y ámbito de los cursos de Geometría Descriptiva.
- Proyectos de investigación en el área.
- Talleres de verano para profesores.

Desde estas áreas de trabajo se anima a los ingenieros investigar la posible relación entre la ingeniería y la capacidad espacial.

1930. Con objeto de investigar los parámetros relevantes de la profesión del ingeniero, en Norteamérica, se realizó un cuestionario a 200 ingenieros cuya actividad estaba relacionada con el diseño. El resultado del cuestionario "The Value of Engineer of Power to Visualize", indicó que las habilidades espaciales eran imprescindibles para el trabajo del ingeniero. (Obtenido de Saorin 2006, no se dispone de referencia original).

1937. Claire V. Mann. Pone en marcha un estudio en varias universidades norteamericanas con el objetivo de encontrar la relación entre visión espacial y éxito profesional en ingeniería. Para llevar a cabo el estudio utilizó como herramienta varios test de visualización:

- Wright's Drawing Test.
- Mann's Drawing aptitude Test.
- Mann's Dynamicube Test.
- Mann's Staticube Test.
- Mann's Mutilates Cube Test.

1938. Maurice Grancy. Realiza un estudio con el objeto de determinar la relación entre los test de visión espacial y el éxito en los estudios de ingeniería, no encontrando correlación entre ambas.

1949. Mary Plumb Blade. El objetivo del estudio que llevó a cabo fue encontrar correlación entre visión espacial y éxito en estudios de ingeniería. Además de obtener una correlación positiva en el estudio, observó diferencias en los resultados entre hombres y mujeres y concluye que el factor motivación es importante para desarrollar la habilidad espacial.

1953. ASEE (American Society for Engineering Education) ante los primeros estudios serios sobre el factor espacial como componente de la inteligencia anima a investigar la relación que cada vez parece más cercana entre la ingeniería y la capacidad espacial.

1955. R.R. Worsencroft. En el trabajo "The effects of training on the Spatial Visualization Ability of Engineering Students", mide estadísticamente la mejora de la capacidad espacial durante los estudios del primer año de ingeniería y lo compara con otras titulaciones. De este estudio se obtiene lo siguiente:

- Los estudiantes de ingeniería disponen mayor capacidad espacial que los estudiantes de otras titulaciones.
- Los estudiantes de ingeniería desarrollan sus habilidades espaciales durante el curso y los estudiantes de otras titulaciones no desarrollan sus niveles de habilidad espacial.

1957. R.R. Worsencroft. En el documento, "Objetives of Engineering Drawing in Engineering" especifica los objetivos de una asignatura de Expresión Gráfica en Ingeniería:

- Desarrollo de las habilidades de visualización espacial.
- Proyecciones ortográficas.
- Normativa de dibujo técnico.
- Desarrollo aceptable de técnicas de dibujo.

Este autor hace referencia al mensaje de la ASEE (1953) e indica que los contenidos de Expresión Gráfica en Ingeniería están relacionados con la adquisición de las habilidades espaciales.

1963. Mary Plumb Blade. En el editorial de la revista *Engineering Design Graphics Journal* anima a los profesores de dibujo y geometría descriptiva a modernizar los programas de las asignaturas, centralizando esfuerzos por desarrollar la visión espacial.



Fig. 2. 7 Mery Blade⁹. Fuente <http://photography.si.edu/SearchImage.aspx?id=5745>

1964. Ian MacFarlane Smith. Publica el libro "Spatial ability: Its educational and social significance" (Smith I., 1964) donde establece definitivamente la relación entre ingeniería y habilidad espacial. Demostró la correlación entre los test de habilidades espaciales y el éxito en las carreras técnicas.

1968. McKim, deja constancia sobre la relación de la visión espacial, con el diseño y la comunicación gráfica y su importancia en los estudios de ingeniería (McKim, 1968).

⁹ Fotografía tomada en 1946, cuando Mery Blade era la única mujer en la Facultad de Ingeniería Cooper Unión donde impartió docencia de dibujo, matemáticas y diseño además de ser una de las pocas mujeres en cualquier facultad de ingeniería en los Estados Unidos.

Hasta finales de la década de los 70, no se registran nuevas aportaciones referentes a las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería. Los estudios realizados e investigadores que se han dedicado a investigar acerca de la mejora de la capacidad espacial en el ámbito académico de la ingeniería han sido numerosos, sobre todo a partir de finales de los años 90. Por tanto el mejorar la capacidad espacial es un tema de reciente inclusión en la investigación académica. A continuación se exponen las investigaciones y estudios más referenciados desde finales de la década de los 70 hasta nuestros días.

1977. Paul DeJong. En el artículo "Improving Visualization, Fact or Fiction" realiza un estudio realizando un curso basado en contenidos de dibujo y expresión gráfica durante 29 semanas. Concluye que la realización de cursos de Expresión Gráfica desarrolla las habilidades espaciales y que los participantes disfrutaron con los ejercicios de visión espacial (Dejong, 1977).

1979. Charles Newlin. En el artículo "The Total Concept of Graphics and Design in the Engineering Curriculum" (Newlin, 1979) propone incluir en el programa de las asignaturas de Expresión Gráfica, contenidos de diseño asistido por ordenador y el bocetado a mano como herramientas para la mejora de la visión espacial.

1986. Deloss Bowers. En "Cognitive Processing and Teaching of Engineering Graphics" expone las teorías acerca del lugar donde se registran las operaciones intelectuales, es decir el funcionamiento del lado izquierdo y derecho del cerebro y presenta algunas experiencias realizadas con estudiantes y contenidos de Expresión Gráfica (Bowers, 1986).

1986. Jon Jensen en "The impact of Computer Graphics on Instruction in Engineering Graphics" resume una encuesta donde personas del mundo académico y de la industria indican 14 aspectos fundamentales para el ingeniero. Todos coinciden en que la visión espacial es el aspecto fundamental para el éxito profesional (Jensen, 1986).

1989. S.E. Wiley en "Advocating the Development of Visual Perception as a Dominant Goal of Technical Graphics Curricula" critica que a la investigación llevada a cabo hasta el momento en visión espacial en el ámbito de ingeniería, le falta base que la sustente (Wiley S. , 1989). En general los ingenieros hablan de visualización, pero no tienen un conocimiento sólido de ese campo. En su artículo comenta que el ingeniero no debe contentarse con los ejercicios de Dibujo en Ingeniería, sino que hay que empezar con modelos reales, pasar a fotografías de las vistas de un objeto, después dichas vistas dibujadas en 2D y finalmente una representación isométrica en 3D.

1990 S.E. Wiley en "Computer Graphics and the Development of Visual Perception in Engineering Graphics Curricula" presenta un modelo de programa que sirve para desarrollar la percepción espacial en un sentido amplio. También realiza un programa de contenidos desarrollados por ordenador. Todos parten del objeto real y terminan con representaciones 3D. Indica que posiblemente trabajar con modelos sólidos 3D y con animaciones ayudaría al desarrollo de la visión espacial (Wiley S. , 1990).

1990. G.R. Bertoline y D.C. Miller en "A visualization and Orthographics Drawing Test using the Macintosh computer" evaluaron un test que sirve a la misma vez para evaluar y ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades espaciales (Bertoline & Miller, 1990).

1991. C.L. Miller y G.R. Bertoline en "Spatial Visualization Research and Theories: Their Importance in the Development of an Engineering and Technical Design Graphics Curriculum model" indican que se debe avanzar más allá del modelo tradicional de enseñanza y configurar los programas de Expresión Gráfica teniendo en cuenta las investigaciones realizadas en psicología, arte, matemáticas, y otras disciplinas (Miller & Bertoline, 1991).

1992. J.A. Leach en "Utilization of Solid Modeling in Engineering Graphics Courses" afirma que el uso de modelado sólido genera habilidades espaciales en distinta medida que realizando o interpretando planos de ingeniería convencionales (Leach & Matthews, 1992).

1992 C.L. Miller en "Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Models" indica que el uso de modelos reales y generados por ordenador permite a los estudiantes desarrollar más la habilidad espacial que utilizando los métodos tradicionales (Miller C. , 1992).

1992 T. J. Sexton en "Effect of Spatial Visualization: Introducing Basic Engineering Graphics Concepts Using 3D CAD Technology" compara modelos tradicionales (proyecciones ortogonales) con el uso de modelos alámbricos 3D. Utilizó para medir la habilidad espacial el test MRT (Mental Rotation Test), y sus conclusiones fueron que el uso de modelos 3D no proporciona mejoras significativas frente al método tradicional con respecto al desarrollo de las habilidades espaciales de los alumnos, pero es un método que sirve para desarrollarlas al igual que el método tradicional (Sexton, 1992).

1994. R. Devon en "The Effect of Solid Modeling Software on 3D Visualization" compara el trabajo desarrollado con modelos alámbricos frente a modelado sólido concluyendo que el uso del modelado sólido desarrolla las habilidades espaciales en mayor medida que el uso de modelado alámbrico (Devon, Engle, Foster, Sathianathan, & Turner, 1994).

1995. J.A. Deno en "The Relationship of Previous Experience to Spatial Visualization Ability" determina que las actividades no académicas tienen una importancia significativa en la visión espacial de hombres, pero no de mujeres (Deno, 1995).

En la última década, la investigación por mejorar la capacidad espacial en los estudiantes de ingeniería ha sido relevante. En general la investigación se ha centrado en producir y ampliar el material didáctico y las herramientas más apropiadas para desarrollar las habilidades espaciales.

Desde el año 1996, la profesora e investigadora de la Universidad Tecnológica de Michigan, Sheril Sorby y sus colaboradores, llevan desarrollando materiales didácticos, herramientas y organizando cursos con objeto de desarrollar estas habilidades en los estudiantes de ingeniería, prestando mayor atención a las mujeres (Gerson H. , Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2001), (Sorby & Baartmans, 1996) .

2001.James L. Mohler. En "Using interactive multimedia technologies to improve student understanding of spatially-dependent engineering concepts" describe la importancia de las

habilidades espaciales en el entorno académico del estudiante y presenta una aplicación multimedia basada en materiales de ciencia e ingeniería, diseñada para tener una mejor comunicación espacial (Mohler, 2001).

2003. Olkun. en el artículo "Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities", propone que las actividades de Expresión Gráfica en ingeniería desarrollan las habilidades espaciales, las cuales son necesarias también en el ámbito de la geometría matemática (Olkun, 2003).

2006-2008. Ahman Rafi, propone varias herramientas que desarrollan las habilidades espaciales, e incluso realiza un análisis en clave de género (Rafi, Anuar, Samad, Hayati, & Mahadzir, 2005), (Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006), (Rafi, Samsudin, & Said, 2008).

2008. Prieto y Velasco. Son investigadores del campo de la Psicología, con una línea de investigación en el campo del desarrollo de las habilidades espaciales mediante el dibujo técnico (Prieto, Velasco, Arias-Barahona, Anido, Núñez, y Cór, 2008). Proponen un entrenamiento de la visualización espacial, mediante ejercicios de dibujo técnico con una herramienta multimedia (Prieto & Velasco, 2008). En este mismo año, la investigadora en el campo de las HE, Sheril Sorby, presenta en International Conference Engineering Education, de Hungría, bajo el eslogan "New Challenges in Engineering Education and Research in the 21 st Century", una conferencia en la que expone nuevas aportaciones sobre cursos de entrenamiento de habilidades espaciales en los estudiantes de nivel universitario (Sorby, Hamlin, & Veurink, 2008). A partir de un análisis detallado de la geometría de los objetos y tipos de rotación que suponen para el estudiante una dificultad en los ejercicios propone materiales óptimos de entrenamiento para desarrollar las habilidades espaciales.

2.10. EFECTO DE LAS HABILIDADES ESPACIALES EN EL ÉXITO ACADÉMICO.

La visualización espacial entendida como la capacidad para manipular mentalmente objetos complejos, se ha establecido como un factor de predicción de éxito en varias disciplinas relacionadas con la tecnología (Strong & Smith, 2002).

En Sorby, Drummer, Hungwe, Parolini, & Molzan (2006) se comenta que las habilidades espaciales han demostrado ser importantes para el éxito en numerosos campos tecnológicos: informática, matemáticas, arquitectura, ingeniería, odontología, medicina entre otras. Los estudios de Carter, LaRussa, & Bodner (1987) y Bodner & McMillen (1986) corroboran la relación entre la habilidad espacial y el éxito en las áreas científicas.

En el ámbito de ingeniería, Adánez & Velasco (2002), Sorby S. (1999a), Miller C. (1996) afirman que el desarrollo de las habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería está directamente relacionado con el futuro éxito en su labor profesional.

Varios estudios indican la importancia de la capacidad espacial en las asignaturas de Expresión Gráfica y la implicación de estas habilidades en el éxito académico (Devon, Engle, Foster, Sathianathan, & Turner, 1994), (McGee, 1979), (Strong & Smith, 2002). En estos trabajos, Devon et al., comentan al respecto que: "las habilidades de visualización espacial son una componente importante de la ingeniería debido a su relación directa con la comunicación gráfica y con el diseño" y McGee, concluye en su trabajo que disponer de

un buen nivel de habilidades de visualización espacial está correlacionado con la obtención de buenos resultados en los estudios de ingeniería y de matemáticas.

Blasko & Holliday-Darr (1999) realizaron una observación en los estudiantes que acceden al primer curso de las titulaciones de ingeniería. Registraron una serie de variables que pensaban e intuían que podrían influir en las tasas de abandono y en el rendimiento de los alumnos. Estas variables incluían antecedentes educativos, la motivación, la capacidad de razonamiento verbal y espacial. Sus resultados ponen de manifiesto que tener una buena base de habilidad espacial es un buen indicador de tener éxito en los estudios de primer año en cualquier carrera de ingeniería.

Blasko, Holliday-Darr, Mace y Blasko-Drabik (2004) presentan un estudio acerca de las bajas calificaciones y altas tasas de abandono en los estudios de ingeniería. Identifican que a pesar de la alta calidad de la enseñanza obtenida por los estudiantes en los niveles de secundaria, éstos mostraban deficiencias en la capacidad espacial. Estos estudios se realizaron en el centro universitario Penn State Erie -- The Behrend College mencionado en el apartado 2.8.

Adánez & Velasco (2002) sugieren que hacer frente a la asignatura de Expresión Gráfica con un bajo rendimiento académico contribuye al abandono de los estudios de ingeniería, por otra parte, Potter & van der Merwe (2001) indican que la capacidad espacial influye en el rendimiento académico en ingeniería y sostienen que el nivel de habilidad espacial que tiene un alumno en el momento de acceder a la universidad es un factor importante en cuanto al rendimiento académico que va a desarrollar. Sugiere que previo a acceder a la universidad se desarrollen estas habilidades ya que la mejora de la capacidad espacial es posible con la intervención adecuada antes de participar en cursos Expresión Gráfica de nivel universitario.

Según Strong & Smith (2002) y Jerz (2002), las capacidades espaciales son claves en el desarrollo de proyectos de ingeniería puesto que en la conceptualización del diseño de un proyecto es fundamental solventar problemas en los que el razonamiento espacial juega un papel decisivo.

**BLOQUE 2. HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES
ESPACIALES**

2.11. ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES.

La mayoría de los estudiantes de ingeniería en los programas académicos reciben muy poco entrenamiento específico en las técnicas de manipulación espacial, que por lo general se deja a su capacidad natural y experiencia, para alcanzar estas habilidades.

En los estudios de ingeniería se imparten las asignaturas de Sistemas de Representación o Expresión Gráfica en el primer año de carrera, ya que se considera una materia básica que necesitan los estudiantes para cursar las asignaturas de siguientes cursos académicos y en el desarrollo de su futura profesión. En esta asignatura es donde hay que realizar los esfuerzos específicos para mejorar la capacidad espacial.

Los profesores de Expresión Gráfica, en las explicaciones normalmente utilizan papel y lápiz ó dependiendo del escenario, pizarra y tiza. Los nuevos recursos didácticos permiten utilizar otro tipo de herramientas, como las pizarras digitales, proyectores, ordenadores, tablet PC..., que permiten en la mayoría de los casos un soporte más adecuado para transmitir los métodos de representación de objetos.

Los programas de las asignaturas vinculadas a la Expresión Gráfica, habitualmente no tienen en cuenta el desarrollo de la habilidad espacial de una forma específica y directa en los alumnos, lo que lleva a plantear la siguiente pregunta:

[¿Cómo se están desarrollando hasta ahora las habilidades espaciales en los alumnos?](#)

En primer lugar hay que tener en cuenta la reflexión que hace Grandinscak & Lewis (1995) acerca de los cambios en los programas de Expresión Gráfica. Comenta que la mejora en la capacidad espacial, no depende del programa académico ni influye el uso de herramientas CAD, de modo que no se trata solamente cambiar el entorno de aprendizaje de la Expresión Gráfica introduciendo el ordenador, sino que hay que reflexionar sobre la tipología de ejercicios a emplear.

Si se tiene en cuenta el diseño de los programas de las asignaturas de Expresión Gráfica, se puede considerar que estas capacidades se desarrollan de una forma natural, estudiando y practicando con los sistemas de representación que son parte del contenido de la asignatura. Esta forma de enseñanza o desarrollo de la habilidad espacial es una "enseñanza pasiva", en la que los alumnos observan las explicaciones y demostraciones del profesor que utiliza los medios que considera más adecuados (modelos de plástico, croquis, plegado y desplegado de figuras...) para hacerles "ver" el objeto tridimensional representado en 2-dimensiones y viceversa. Estas técnicas proporcionan poca interacción de los estudiantes con los objetos y las operaciones para rotar los objetos y poder visualizarlos desde distintos puntos de vista. Esto implica que los estudiantes se animen a aprender de memoria un conjunto de reglas para realizar las representaciones en lugar de desarrollar una comprensión más profunda. El aprendizaje de memoria puede ser eficaz para ejemplos sencillos y familiares, pero no es fiable para estructuras complejas y novedosas (Sutton, Heathcote, & Bore, 2007).

No se quiere dar a entender que con los contenidos de Expresión Gráfica no se adquieren las habilidades espaciales, pues en realidad los alumnos sí desarrollan estas habilidades (Prieto, Velasco, Arias-Barahona, Anido, Núñez, y Có, 2008). Un tipo de ejercicio típico en Expresión Gráfica consiste en dibujar en 2D (proyecciones ortogonales) un objeto

representado en perspectiva 3D (isométrica) y viceversa. Con frecuencia no hay desarrollo de habilidades en la transferencia de la imagen con la representación más adecuada. En EG, es muy común enseñar procedimientos en lugar de procesos más profundos de aprendizaje, de forma que en el caso del "aprendizaje de la visión espacial", es algo accidental y no intencional.

Para tener el control y garantía que los estudiantes desarrollan sus habilidades espaciales, los profesores de Expresión Gráfica, podrían utilizar varias estrategias que han demostrado ser efectivas, de modo que en este momento se puede plantear otra cuestión:

¿Qué estrategias pueden desarrollar las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería?

Desde 1996 ha habido un aumento en los estudios acerca de cómo desarrollar las habilidades espaciales. Estos estudios han sido publicados en revistas de educación en la ingeniería y disciplinas afines y no en fuentes de psicología. Según la revisión bibliográfica realizada en apartados anteriores, las habilidades espaciales pueden desarrollarse por medio del entrenamiento. La diferencia entre unos y otros estudios radica en la plataforma y las herramientas (estrategias) utilizadas para realizar el entrenamiento. También hay estudios que comparan la mejora obtenida entre varias estrategias.

En las siguientes páginas se pueden consultar trabajos a nivel internacional realizados con objeto de desarrollar las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería (se incluye la aplicación de Kaufman (2002), que aunque está enfocada a la educación en geometría, este campo es muy cercano a la ingeniería). La tabla 2.3, ofrece una visión general de los estudios basados en el entrenamiento de las HE, desde 1995 y sus resultados.

Solamente se incluyen los estudios en los que se han realizado medidas pre-/post test, con el objeto de comprobar la mejora obtenida y no se incluyen los estudios que solamente recogen información pos-test. En la mayoría de los casos, el entrenamiento está basado en contenidos de Expresión Gráfica o de Geometría Descriptiva. Se especificará cuando se está analizando el efecto producido por una asignatura cursada en una titulación de ingeniería. En los demás casos recogidos en la tabla, se trata de cursos de intensificación para analizar cómo influye una herramienta determinada en el desarrollo de la habilidad espacial.

La evaluación de los efectos del entrenamiento se basa tanto en la comparación entre varios grupos experimentales o en la comparación de un grupo experimental con un grupo de control sin entrenamiento. En la tabla se puede observar, que la mayoría de los estudios utilizaron uno o más test para medir las componentes de la habilidad espacial: Test de Rotación mental (MRT), Mental Cutting Test (MCT), Tests de Aptitudes diferenciales: Relaciones espaciales (DAT:SR) y Purdue Spatial Visualization Test: Rotations (PSVT:R) son los más utilizados.

Las ganancias obtenidas por los grupos experimentales en todos los casos son considerablemente mayores que los de los grupos de control.

La comparación entre los distintos tipos de entrenamiento (geometría descriptiva, CAD, modelado...) indica que aquellos que requieren manipulación de piezas físicas, croquizados, piezas virtuales en plataformas web, o realidad virtual fomentan el desarrollo de la habilidad espacial.

RECOPIACION DE CURSOS REALIZADOS PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES					
Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Leopold, Sorby, & Gorska, 1996)	MRT PSVT:R	1 o 2 semestres.	Asignatura con contenidos de GD.	-Grupo experimental: Curso de GD de primer curso de ingeniería. -Grupo control: son estudiantes de primer curso de la titulación de matemáticas que no realizan entrenamiento con GD	-Ganancia significativa en Grupo Experimental. -Ganancia no significativa en Grupo Control. -Diferencias de género entre pre/post test a favor de los hombres.
(Gorska, Sorby, & Leopold, 1998b)	MRT MCT PSVT:R	10 – 14 semanas	Asignatura con contenidos de GD. Asignaturas de EG con varios contenidos.	-Curso de EG o GD en primer curso de ingeniería. Estudiantes de universidades de Polonia, Japón, Estados Unidos.	-Ganancia significativa en todos los cursos de las distintas universidades. -Diferencias de género entre pre-post test a favor de los hombres.
Saito et al. 1998	MCT	Anual	Asignatura de GD y dibujo mecánico	-Contenidos de GD en primer semestre y dibujo mecánico en segundo semestre	-Ganancia significativa de grupo experimental respecto a grupo control.
(Sorby & Barartmans, 1996)	MRT MCT PSVT:R DAT:SR	3 meses	3D-Spatial Visualization	-Curso para estudiantes de primer curso ingeniería con bajos niveles de H.E. -Grupo Control , estudiantes con bajos niveles de HE y no realizan el curso	-Ganancia significativa en todos los test para los que realizan el curso de entrenamiento. -Estos alumnos tienen mejores calificaciones en las asignaturas de expresión gráfica.
(Sorby & Gorska, 1998)	MRT MCT PSVT:R DAT:SR	3 meses	Material de ejercicios para croquizar y realizar en papel y lápiz. Actividades con software CAD	Se realizan 5 cursos diferentes basados en contenidos de dibujo para estudiantes de ingeniería.	-Ganancia en las HE en los cursos que están basados principalmente en croquización y dibujo a mano. -Menor significación en cursos con una base en CAD, aunque a los alumnos les gusta este tipo de curso.
(Field, 1999)	MCT	52 horas	Ejercicios para realizar en papel y lápiz, trabajos con piezas físicas, planos de conjunto para aprender el funcionamiento	Curso para realizar actividades con ejercicios tradicionales, con componentes que haya que trabajar mentalmente. Destinado a estudiantes de ingeniería de últimos cursos.	-Ganancia significativa del grupo experimental con respecto al grupo de control.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Gitter & Glück, 1998)	3DC	1 semestre	Asignatura de GD	-Validación del test desarrollado (3DC), comprobando el efecto de mejora de cap. espacial en la asignatura de GD	-Ganancia significativa para GD y niveles de pre-test mayores en hombres. -No hay diferencia significativa en género en post-test.
(Sun & Suzuki, 1999)	MCT	(Grupo exp. 13 semanas – 39 horas) (Grupo Control 13 semanas – 21 horas)	Solid Simulator (software desarrollado por los autores).	-Grupo experimental:1er curso ingeniería: realiza el curso de la asignatura Geometría descriptiva, utilizando la herramienta Solid Simulator (operaciones Booleanas, proyecciones de poliedros, visualización dinámica) -Grupo control:1er curso ingeniería. Realiza el curso sin apoyo de Solid Simulator.	-Ganancia significativa en los dos grupos. -La ganancia en grupo experimental es estadísticamente superior al compararla con el grupo control
(Sorby S. , 2001)	MRT MCT DAT:SR PSVT:R	10 semanas	Actividades de vistas normalizadas, proyecciones, perspectivas, puzles, rotaciones ...	Propone un curso que reduce en 20 horas la docencia del programa de expresión Gráfica.	Durante varios años se han realizado estos cursos de modo que hay un histórico acerca de cómo ha evolucionado el nivel de HE de los estudiantes cada año y como mejora. Cada año los alumnos acceden a la universidad con niveles más bajos en HE. Todos los años la mejora es significativa.
(Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998)	DAT:SR	No facilita	Actividades en papel	Curso para desarrollar las HE basado en ejercicios de expresión Gráfica.	Ganancia significativa en el desarrollo de la HE de los alumnos de primer curso de ingeniería.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Sorby S. , 1999b)	DAT MCT PSVT:R	1 semestre	Asignaturas con contenidos: Geometría descriptiva Expresión Gráfica CAD	Grupo experimental 1: Recibe formación en contenidos de Geometría descriptiva y Expresión Gráfica. Grupo experimental 2: Recibe formación en contenidos de Expresión Gráfica. Grupo experimental 3: Recibe formación en contenidos de CAD I. Grupo experimental 4: Recibe formación en contenidos de CAD II	-Trabajar directamente con CAD no mejora las cap. espacial en mayor medida que el dibujo de croquizado. -Es necesario utilizar el CAD de forma adecuada para que sea herramienta que ayude a desarrollar los niveles de HE.
(Turos & Ervin, 2000)	DAT	6 horas (4 sesiones de una hora y media)	Web-based On line. (Penn State college)	Grupo 1 entrena en laboratorio las 4 sesiones. Grupo 2 realiza sesión 1 y 4. En las otras sesiones se le propone que realicen los ejercicios propuestos que quieran. Grupo de control sin entrenamiento.	-Hay diferencias significativas por género en los dos cursos. -El grupo 1 obtiene mejores resultados, pero no son significativos con respecto a grupo 2.
(Gerson H. , Sorby, Beberly, & Baartmans, 2001)	MRT MCT DAT:SR PSVT:R 3DC	2 horas cada semana. Total	-Software multimedia -Libro de actividades de expresión Gráfica para desarrollar las HE.	Grupo experimental 1. Realiza entrenamiento con el software multimedia. Grupo experimental 2. Además de usar el software, también realiza actividades del libro de ejercicios.	-El software multimedia es una herramienta efectiva para desarrollar las habilidades espaciales.
(Leopold, Górska, & Sorby, 2001)	MRT MCT DAT:SR	10-15 semanas	Asignatura de Geometría descriptiva y Expresión Gráfica.	Grupo Experimental: contenidos de GD y EG en primer curso de ingeniería en 3 universidades (Polonia, Alemania EEUU) Grupo de control. Estudiantes con asignaturas con muy pocos contenidos de Geom. Descriptiva y solo contenido de CAD	-Ganancias significativas en cada una de las universidades y en todos los test. -Ganancia muy significativa si se compara con el grupo de control
(Potter & Van der Merwe, 2001)	Utiliza Test pero no indica cuales	No indica	Libro de ejercicios de expresión Gráfica.	Grupo experimental: alumnos de primer curso de ingeniería.	Los contenidos de expresión Gráfica mejoran las capacidades espaciales de los estudiantes.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Alias, Black, & Gray, 2002)	Utiliza Test de visualización espacial y test de rotación mental. No indica cuales.	Una semana	Ejercicios diseñados para el estudio de expresión gráfica. Los ejercicios son de tres tipos: Desarrollos, elegir vistas correctas a partir de una perspectiva y elegir la figura correcta y rotada a partir de la original.	Grupo experimental realiza el entrenamiento realizando los ejercicios. <u>Grupo de control no realiza entrenamiento.</u>	-La visualización espacial en general mejoró después de las explicaciones y también mejora el aprendizaje de las actividades propuestas.
(Czapka, Moeinzadeh, & Leake, 2002)	PSVT:R	Un semestre	-AutoCAD -Inventor -Piezas físicas de prototipado rápido	Se propone un curso para usar piezas físicas fabricadas en impresora 3D de prototipado y con ellas, obtener vistas ortogonales y modelado sólido. <u>Grupo experimental 1.</u> Realiza en CAD las vistas y el modelo sólido. <u>Grupo experimental 2.</u> Formado por alumnos que tienen niveles más bajos de HE. El curso fue diseñado específicamente para estos alumnos. Grupo de control, no realiza estas actividades, solamente cursa la asignatura de forma tradicional	-Mejora significativa en los dos grupos experimentales con respecto al grupo de control. -Los alumnos valoran la experiencia muy positiva.
(Glück, Machat, Jirasko, & Rollett, 2002)	IST: CCT (Intelligence Structure Test Battery: Cube Comparison Test (Amthauer, 1953)).	3 – 6 días 50 min cada día.	"Drehen und Klappen" (Rotating & Flipping)	Grupo experimental autoaprendizaje con "Rotating & Flipping". <u>Grupo de control no realiza entrenamiento.</u>	Ganancia significativa en el grupo experimental.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Contero, Nava, Company, Saorin, & Conesa, 2005)	MRT DAT:SR	6 horas Sesiones de 2 horas.	A.- Actividades de expresión Gráfica en lápiz y papel. B.- Taller Virtual de Expresión Gráfica -Aplicación Web de la Universidad de Burgos. C.- e-CIGRO	Tres grupos experimentales realizan cada uno un curso basado en distinto tipo de entrenamiento (A, B, C).	Todos los cursos de entrenamiento desarrollan las HE de los alumnos. Se confirma que los recursos basados en Web y los basados en herramientas de modelado, son estrategias válidas para mejorar la capacidad espacial.
(Rafi, Anuar, Samad, Hayati, & Mahadzir, 2005)	Utiliza Test de visualización espacial y test de rotación mental. No indica cuales.	10 horas durante 5 semanas. Una sesión de 2 horas cada semana.	WBVE (Web based Virtual Environment)	-Grupo experimental realice el entrenamiento utilizando WbVE -Grupo de Control recibe clases en el aula convencional con la metodología tradicional.	WbVE es más efectivo que la metodología en el aula tradicional para desarrollar las HE.
(Samsudin & Ismail, 2004)	MRT versión electrónica (cita Chay 2000)	Duración 7,5 horas. Una sesión semanal. Cada sesión 1 hora y media.	CBMT (Computer Based Multimedia Tutor)	-Grupo experimental entrena con la aplicación multimedia, cuya función es realizar tareas mentales de rotación de piezas. -Grupo de control, no entrena	La herramienta mejora la componente de relaciones espaciales (rotación mental).
(Tsutsumi, Schröcker, Weiss, & Stachel, 2005)	MCT	1 semestre	Asignatura de Geometría descriptiva.	Cinco grupos experimentales y un grupo de control. Los participantes son los alumnos que siguen la asignatura de geometría descriptiva en distintas universidades.	-Hay diferencias estadísticas entre hombres y mujeres en todos los grupos. -Todos los grupos muestran un desarrollo de HE. El grupo de control no muestra mejora.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Kaufmann, Steinbügl, Dünser, & Glück, 2005) SOT (Benton, Hamscher, Varney, & Spreen, 1983) JLO (Hegarty & Waller, 2004)	MRT MCT PSVT:R DAT:SR SOT JLO También miden las habilidades verbales	1 semana	Construct3D	Utiliza un grupo experimental para medir las diferencias en las puntuaciones de los distintos test después del entrenamiento. Se realiza con estudiantes de secundaria 16-18 años.	-Las mujeres adquieren una alta mejora en las habilidades del razonamiento espacial y pensamiento lógico. -Los hombres mejoran en los procesos espaciales (rotaciones y visualización)
(Gorska R. , 2005)	MRT MCT TPS	1 semestre	Asignatura de Geometría descriptiva.	Mide el efecto que tienen sobre las habilidades espaciales cursar la asignatura de geometría descriptiva. Realiza el estudio en clave de género. Los participantes son de enseñanza secundaria.	Los alumnos que cursan contenidos de geometría descriptiva muestra un incremento en los niveles de HE en los tres test de medición.
(Dünser, Steinbügl, Kaufmann, & Glück, 2006)	DAT:SR MCT MRT OPT (Hegarty & Waller, 2004)	Una semana 6 sesiones de 45 min.	Construct3D Aplicación CAD-3D	-Dos grupos experimentales: Uno utiliza una plataforma CAD 3D y el otro el programa Construct3D, basado en tecnología de realidad aumentada. -Dos grupos de control: Uno recibe clases de geometría en el aula con metodología tradicional y el otro no recibe ningún tipo de formación en geometría. -El grupo experimental utiliza la herramienta VGLS (Virtual Geometry Learning System)	La tecnología de realidad aumentada es una buena herramienta para investigar como desarrollar las habilidades espaciales. La enseñanza tradicional no obtiene resultados significativos en la mejora. Comparando con el grupo de control, VGLS el desarrollo en las HE es más significativa. El efecto por género: en las mujeres mejora en mayor medida en la componente de rotación, y en los hombre en la componente de visualización.
(Ruwei, Xi, & Li, 2006)		4 semanas	VGLS (Virtual Geometry Learning System)	-El grupo de control recibe la formación con metodología tradicional.	Comparando con el grupo de control, VGLS el desarrollo en las HE es más significativa. El efecto por género: en las mujeres mejora en mayor medida en la componente de rotación, y en los hombre en la componente de visualización.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006)	MRT Spatial Visualization Test	10 horas (2 horas cada semana, duración 5 semanas)	EDwGT – Interactive Engineering Drawing Trainer. Material impreso. Vídeos de formación	-Dos grupos experimentales. Uno con el tutorial estático para realizar ejercicios en la aplicación multimedia. En el segundo grupo se le añade a tutorial explicaciones mediante video clip. -El grupo control realiza el curso con el material impreso en papel.	La herramienta desarrolla las HE de los estudiantes y hay un mayor aprendizaje de los conocimientos.
(Contero, Company, Saorin, & Naya, 2006)	MRT DAT:SR	6 horas Sesiones de 2 horas	e-CIGRO. Herramienta para croquizar en un tablet PC, con reconocedores geométricos. Se puede manipular el espacio tridimensional.	Propone un corto curso para desarrollar las HE en los alumnos de primer curso de ingeniería con niveles de HE más bajos.	La herramienta e-CIGRO utilizándola para croquizar y realizar tareas de expresión Gráfica, desarrolla las habilidades espaciales y llama la atención del estudiante.
(Wang, Chang, & Li, 2007)	PVRT Versión informatizada	60 min	CooTutor: Web-based tutorials for spatial ability (Coordinate Tutor)	Dos grupos experimentales, uno utilizan la herramienta que presenta ejercicios multimedia y 3D, otro grupo utilice el mismo material pero impreso en papel (2D)	La comparación entre los dos grupos no es estadísticamente significativa. Lo que indica que entrenar las HE con estos dos materiales, proporcionan el mismo efecto.
(Güven & Kosa, 2008)	PSVT	8 semanas	Cabri 3D	Un grupo experimental. Se analiza como influye el programa Cabri 3D en el desarrollo de las habilidades espaciales en estudiantes de ciencias matemáticas.	El uso de Cabri 3D ayuda a los estudiantes a mejorar su capacidad espacial, sobre todo la componente de rotación.
(Martín-Dorta, Saorin, & Contero, 2008a)	MRT DAT:SR	12 horas	Google SketchUp Piezas físicas.	Un grupo experimental. Se estudia el efecto de la desarrolla en las HE, realizando un rápido curso de contenidos de expresión Gráfica mediante la herramienta Google SketchUp. El estudio se realiza en clave de género.	El software Google SketchUp desarrolla las HE en los estudiantes de ingeniería por igual, sean hombres o mujeres.
(Rafi, Samsudin, & Said, 2008)	MRA MRS (Desarrollado Por los autores)	4 semanas	iDVEST interactive Desktop Virtual Environment Spatial Trainer.	Dos grupos experimentales: iDVEST y aDVEST, la diferencia es que el primero puede ver los ejercicios que se muestran en la aplicación con animaciones y explicaciones, en el grupo segundo no se le facilitan estas opciones.	La mejora es más efectiva en el grupo i-DVEST, aunque el grupo a-DVEST también mejora.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Martín-Dorta, Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, & Navairo, 2008b)	MRT DAT:SR	6 horas	Building with Blocks Aplicación Web.	Se dispone de Grupo de control Un grupo experimental, extraído del primer curso de ingeniería y con peores niveles en HE.	La aplicación mejora los niveles de HE y si se compara con otros tipos de cursos, la mejora es muy similar, de forma que esta aplicación es adecuada para desarrollar las HE en los estudiantes de ingeniería.
(Sorby S. , 2009)	MRT MCT DAT:SR PSVT:R	Varios	Varias herramientas. -Libro de Ejercicios en lápiz y papel / croquis. -CAD -Aplicación multimedia basada en ejercicios de vistas normalizadas y perspectivas.	-Informe de la investigación en el desarrollo de las habilidades espaciales realizado por el autor desde 1993 hasta 2007. -Siempre dispone de un grupo de control para verificar si es significativa la mejora del grupo experimental	La aplicación multimedia y el libro de ejercicios desarrollan las HE de los estudiantes de primer curso de ingeniería. La actividad de croquizar es un hecho significativo para desarrollar la HE. Los estudiantes que accede a las titulaciones de ciencias e ingeniería cada año tienen peor nivel de HE. Propone tomar medidas en los cursos de secundaria.
(Rafi & Samsudin, 2009)	MRA MRS (Desarrollado Por los autores)	4 semanas	iDEMRT, interactive Desktop Mental Rotation Trainer. Es un aplicación para entrenar la precisión y velocidad en los ejercicios de rotaciones mentales (MRA y MRS)	-Grupo experimental con estudiantes de ingeniería (12 mujeres y 18 hombres) -No hay grupo de control.	El grupo experimental y sexo masculino supera al grupo de control y a sexo femenino
(Christou, y otros, 2007) (Boychev, Chehlarova, & Sendova, 2007)	NO	NO	Cubix Editor, Cubix Shadow, Potter's Wheel and Origami Nets.	NO HAY	Presenta una aplicación interesante como herramienta para desarrollar la capacidad espacial.

Autor-Año- País Referencia	Test	Duración	Herramienta	Entrenamiento	Resultados principales
(Onyancha, Deroy, & Kinsey, 2009) – CAD-	PSVT	Un semestre	Software CAD (Análisis de geometrías de objetos y Tipos de Rotación)	Tres grupos experimentales (con niveles en HE: bajo, medio y alto) <u>Un Grupo de control</u>	<p>-El entrenamiento consiste en dos herramientas PMR (Modelo físico que rota) y AVS (Pantalla con vista alternativa). El modelo físico tiene una posición, y en pantalla el estudiante debe elegir entre 2 modelos CAD, que han rotado y uno es correcto.</p> <p>-El modelo físico cambiará de posición para que en pantalla aparezcan otras dos posibles soluciones.</p> <p>-El trabajo analiza las geometrías y tipos de rotación con los que tienen más problemas los estudiantes.</p>

Tabla 2.5 Estudios basados en entrenamiento de Habilidades Espaciales.

Para desarrollar la HE, se utilizan actividades específicas y el soporte de una determinada herramienta / tecnología que facilite el aprendizaje y la adquisición de las tareas espaciales.

¿Cuáles son las estrategias utilizadas para desarrollar las habilidades espaciales?

En el desarrollo de la HE, no sólo es necesario tener en cuenta la herramienta o la tecnología en el que se va a realizar el entrenamiento, sino que es fundamental el tipo de ejercicios y de actividades que se van a proponer. Estos ejercicios se desarrollarán utilizando una estrategia o soporte y las utilizadas hasta el momento son:

1. **Formato papel.** Los cuadernos de actividades son el material clásico elegido por algunos autores, para proponer el entrenamiento a los estudiantes (Sorby S. , 1999a).
2. **Aplicaciones multimedia y Plataformas Web.** Una vez determinada la tipología de ejercicios y los ejercicios que formarán el entrenamiento, éste puede tomar formas muy atractivas y entretenidas para el alumno. A menudo estas aplicaciones son próximas al ámbito del ocio y el entretenimiento, por ello que los alumnos las consideren atractivas. En Martin-Gutierrez, Martin-Dorta, Saorin, Contero, & Navarro (2008) y apartado 2.11.1, se ha propuesto una recopilación de plataformas multimedia y web que contienen actividades que ayudan a desarrollar las habilidades espaciales. Esta recopilación ha sido ampliada por Melgosa, Ramos, Baños, & García (2009).
3. **Software.** La elección de un software que por su facilidad de uso, sencillez del interfaz y versatilidad para dar solución a las actividades propuestas para realizar tareas espaciales, puede convertirse en una herramienta que sea un catalizador que aumente los niveles de mejora en los alumnos (Torner Ribé, 2009), (Martín-Dorta, Saorín, & Contero, 2008a).
4. **Videoconsolas y Videojuegos.** En algunos videojuegos hay que realizar tareas que tienen una alta componente espacial (rotar, trasladar, escalar, orientar...). Son numerosos los videojuegos en los que el usuario debe hacer que los elementos del juego realicen saltos, giros, orientarse... Las videoconsolas también tienen un papel importante porque cada vez son más numerosos los dispositivos adicionales a la consola necesarios para jugar (Lápiz señalador, volantes, mandos, teclados...) con ellos lo que se pretende en la mayoría de los casos es una coordinación entre manos o pies con las tareas mentales.
5. **Realidad Aumentada.** Esta tecnología permite al usuario interactuar con objetos virtuales introducidos en el mundo real. El uso de esta tecnología, introduce una nueva variable en el campo del desarrollo de las habilidades espaciales, se trata que los objetos virtuales al ser manipulados por el individuo, debe coordinar los movimientos de las manos para obtener el punto de vista que mentalmente desea. Hasta el momento esta tecnología, no ha sido muy utilizada en este ámbito. Solamente se tiene referencia de la aplicación Construc3D (Kaufmann, Steinbügl, Dünser, & Glück, 2003) y AR_DEHAES, desarrollada en esta tesis.
6. **Prototipado rápido y modelos reales.** Varios investigadores (Miller C. , 1992), (Van der Wall, 1981), (Dejong, 1977) han demostrado que es

posible el desarrollo de la habilidad espacial y mejorar el estilos de aprendizaje en los cursos de Expresión Gráfica mediante el uso de modelos físicos. El material de los modelos puede ser de madera, metálico, espuma... El trabajo de **Czapka et al, 2002** propone utilizar piezas de prototipado rápido que el profesor puede generar a bajo coste en una impresora 3D. Desde el punto de vista de educación en Expresión Gráfica, se podrían identificar dos tipos de alumnos (visual y táctil). Los alumnos visuales aprenden a través de la modalidad de la vista, de forma que la metodología tradicional de explicar en pizarra e impresiones en papel no les supone una barrera en el aprendizaje. Los alumnos que aprenden a través de la modalidad del contacto, precisan de elementos reales que puedan manipular para ayudar al proceso mental de visualización. Físicamente puede rotar el objeto para verlo desde cualquier punto de vista sin necesidad de hacer el esfuerzo mental.

En la mayoría de las aulas de expresión gráfica en ingeniería no proporcionan estímulo en esta modalidad. La adición de los modelos físicos podrían ser un beneficio para los "estudiantes táctil".

7. **Realidad Virtual.** Un escenario virtual en el que el usuario puede estar totalmente inmerso y que le permita interactuar con objetos, es enriquecedor desde el punto de vista del entrenamiento en habilidades espaciales. Algunos estudios demuestran que entrenar en un entorno virtual en el que se pueden manipular los objetos tridimensionales y rotarlos para conocerlos desde cualquier ángulo, permite mejor reconocimiento de los objetos que si se entrena con material en papel (James, Humphrey, & Willis, 2002). En el campo de las habilidades espaciales se ha desarrollado mediante realidad virtual el test MCT (Mental Cutting Test) que a menudo se suele utilizar para medir la capacidad espacial (Hartman, Connolly, Gilger, Bertoline, & Heisler, 2006).

2.11.1 Efecto del uso de los videojuegos en la adquisición de las habilidades espaciales.

Los efectos que tienen los videojuegos en los usuarios, han sido analizados por investigadores especializados en sociología y psicología. Las líneas de trabajo revelan que los videojuegos entre otros efectos:

- Producen liberación de tensiones. Los videojuegos producen un efecto catártico debido a su poder de evasión de la realidad y al desahogo de tensiones que suscitan (Kestenbaum & Weinstein, 1985).
- Aumentan de la autoestima. Los videojuegos favorecen la creatividad, la imaginación, la iniciativa y la autonomía (Marqués, 2000).
- Tienen poder terapéutico. Los videojuegos producen una mejora en la calidad de vida y una reducción de los síntomas de conductas compulsivas y autodestructivas. El trabajo de Gamberini, Alcañiz, Barresi, Fabregat, Prontu, & Seraglia, (2008) los autores presentan varios ejemplos de videojuegos utilizados con personas de edad avanzada. Por otra parte, Weisman (1983) utilizó los videojuegos como instrumento de diagnóstico para problemas físicos y mentales.

Varios autores analizan los efectos cognitivos de los videojuegos y centran su atención principalmente en cómo pueden ayudar a resolver problemas, en las estrategias de

actuación, en el entrenamiento de la memoria, en la atención visual selectiva y percepción espacial (Robertson & Howells, 2008), (Backlund, Engström, & Johannesson, 2006).

En el campo de lo cognitivo destacan las observaciones de Marqués (2000) y Silvern (1985, 1986), según los cuales jugar con videojuegos desarrolla el razonamiento y la competencia para usar la lógica, al tener que generar y aplicar estrategias cognitivas tanto para administrar recursos (armas, dinero, vidas...) como para prever comportamientos y trazar estrategias de actuación que permitan afrontar las situaciones problemáticas que se presentan en la pantalla, así como generalizar esas estrategias cognitivas a otras pantallas y juegos.

Marqués (2000) ha podido comprobar cómo jugar no sólo entrena y fortalece la memoria sino que también aumenta el interés hacia determinadas temáticas, hecho que produce motivación y superación de dificultades en el aprendizaje. Ricci (1994) comprobó que el uso de los videojuegos potencia la retención de conocimientos básicos sobre una materia concreta.

Estos trabajos revelan que los videojuegos podrían introducirse en las aulas de enseñanza primaria y secundaria para realizar procesos de aprendizaje, de hecho algunas experiencias han resultado positivas (Rosas, y otros, 2003), (Prensky, 2003), (Lacasa, Martínez-Borda, Méndez, Cortés, & Checa, 2008), (Chuang & Chen, 2009).

Las habilidades de visualización espacial han sido abordadas por autores como Calvo (1998) que en su análisis concluye que los videojuegos fomentan esta clase de destrezas cognitivas.

En este mismo campo, Lowery y Knirk (1982-83) defendieron la capacidad de los videojuegos para la formación de las habilidades espaciales, partiendo de la idea de que la visualización espacial se desarrolla durante un periodo de tiempo y en interacciones repetidas. Estos autores consideran que los videojuegos implican una gran variedad de habilidades espaciales y remarcaron la necesidad de estudiar las implicaciones de los aficionados a los videojuegos en la mejora de las habilidades de visualización espacial. Además, también destacaron que los gráficos de los videojuegos en 3-dimensiones son un componente importante para la mejora de la visualización espacial. Posteriormente, siguiendo las recomendaciones de los autores anteriores, Griffith, Voloschin, Gibb, & Bailey (1983) demostraron la mejora de tal habilidad entre los usuarios de videojuegos y Gagnon (1985), tras sus experimentos, concluyó que con determinados tipos de videojuegos se pueden desarrollar diferentes tipos de habilidades cognitivo-espaciales, ya que en su estudio halló relación significativa entre las puntuaciones obtenidas en los videojuegos y las puntuaciones obtenidas en los test espaciales.

Los autores Brannon & Lohr (1985) confirmaron que la aptitud para usar los videojuegos está correlacionada con capacidades de percepción del espacio y Dorval & Pépin (1986) realizan un estudio en el que demuestran que la visualización espacial aumenta con el uso de los videojuegos, no sólo por su capacidad instructiva sino, también, por su capacidad motivadora.

La tendencia es diseñar juegos con contenidos en la materia que se desea formar. En el ámbito de Expresión Gráfica, se han desarrollado numerosas herramientas didácticas con una clara línea marcada por los juegos y el entretenimiento (apartado 2.11.2).

Ciertas habilidades y aptitudes se pueden desarrollar de forma indirecta jugando con videojuegos comerciales. La mayoría de los estudios experimentales utilizando estos videojuegos, se han llevado a cabo en la población infantil. Los datos analizados por Lacasa, Martínez-Borda, Méndez, Cortés, & Checa (2008) muestran cómo los videojuegos pueden ayudar a que los niños desarrollen su capacidad creativa, relacionada sobre todo con la elaboración de historias a partir de los contenidos de los videojuegos.

Entre los autores que se han ocupado con más intensidad del papel educativo de los videojuegos comerciales destacan los estudios de James Gee. A este autor le interesa el papel de los videojuegos en los procesos de adquisición de nuevas formas de alfabetización. En sus trabajos se explora cómo los videojuegos se relacionan con diversos códigos semióticos que permiten interpretar la información en contextos multimedia (Gee J. , 2006a) (Gee J. , 2006b), (Gee J. , 2007). También centrados en el poder educativo de los videojuegos destacan los trabajos de James Newman (2004).

Numerosas aplicaciones de ordenador (como los programas de diseño por ordenador) y los videojuegos comerciales (como Tetris) requieren realizar procesos de rotación mental y visualización espacial cuando se utilizan.

El videojuego "Tetris", que requiere de rotaciones y traslaciones de forma rápida, de siete diferentes formas de bloques, mejora la capacidad espacial de los adolescentes según el estudio llevado a cabo por Okagaki & Frensch (1994). Otros estudios experimentales realizados en el ámbito de la psicología, y con participantes no universitarios, revelan los beneficios de los videojuegos en las habilidades espaciales (De Lisi & Cammarano, 1996), (Forsyth & Lancy, 1987), (Law, Pellegrino, & Hunt, 1993), (Subrahmanyam & Greenfield, 1994).

Investigaciones recientes, demuestran que jugar con videojuegos en edad adulta, mejora la capacidad espacial, y las mujeres acortan la diferencias que tienen con respecto a los hombres (Feng & Spence, 2007).

Tras la revisión efectuada por los autores citados en este apartado, sin lugar a duda se puede confirmar la potencialidad instructiva de los videojuegos, así como su posible uso como medio didáctico, ya que, además de aportar un componente lúdico, desarrollan de forma importante las habilidades espaciales y proporcionan importantes efectos: motivación, implicación y destrezas para la resolución de problemas, efectos importantes en ciertos programas educativos. Éste potencial instructivo de los videojuegos se caracteriza, por ser un tipo de formación práctica, interactiva, de forma que aumenta el interés de los alumnos y la eficacia instructiva.

En el momento de realizar este trabajo no se tiene constancia de pruebas experimentales con videojuegos, realizadas a nivel universitario para mejorar la capacidad espacial de los estudiantes en el ámbito de ingeniería gráfica.

2.11.2 Herramientas web para el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la Ingeniería Gráfica.

Parece suficientemente demostrado que los estudiantes aprenden con más efectividad cuando se les enseña con sus estilos de aprendizaje, que en la actualidad están muy relacionados con las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) (Gallego & Martínez, 2003). Pero como indica Melgosa et al. (2009), lo realmente complicado es llevarlo a cabo sobre todo en un sistema de enseñanza tradicional. La universidad debe adaptarse a las necesidades de la sociedad actual, que demanda entre otras cosas una formación a lo largo de toda la vida, de forma flexible y abierta, utilizando las TIC's.

Los profesores de Expresión Gráfica, asisten a los alumnos en el proceso de aprendizaje, para lo cual pueden ayudarse de herramientas que permitan realizar el aprendizaje de forma autónoma y adaptada en lo posible a la forma de aprender del alumno. Pero en esta tarea no hay que olvidar ninguna herramienta, desde el papel y lápiz a la tecnología más puntera, pues las herramientas no aportan nada si no se saben manejar.

En el trabajo doctoral *Impacto tecnológico del CAD en la docencia de la Expresión Gráfica en la Ingeniería* del Dr. Font Andreu (2007), se realiza una recopilación de todas las herramientas desarrolladas entre el año 1998 y el año 2006 por profesores del área de Expresión Gráfica y presentadas en los congresos de Ingegraf (Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica).

Desde mediados de los años noventa, distintos grupos de investigación han desarrollado herramientas para la mejora de la capacidad espacial que se podrían calificar de "novedosas" ya que aprovechan las tecnologías disponibles en el momento (animaciones multimedia, webs...). Algunos de estos investigadores han comprobado, mediante la medición de las habilidades espaciales por medio de test, la bondad de sus herramientas.

La aparición de Internet, los lenguajes VRML, Flash, Java etc., han posibilitado que la mayoría de estas herramientas estén disponibles on-line, con la comodidad que supone a efectos de aprendizaje tanto para el profesor como para el alumno.

En la Tabla 2.4 se realiza una breve recopilación de algunas herramientas que se han desarrollado en estos últimos años, así como el uso de test de medición de capacidad espacial para comprobar su efecto sobre los alumnos. En la tabla no están todas las existentes, en la mayoría de los casos las herramientas han sido confeccionadas por los profesores para uso personal y no han sido difundidas.

HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS DISEÑADAS PARA MEJORA DE LA CAPACIDAD DE VISIÓN ESPACIAL (DESARROLLADAS POR UNIVERSIDADES)							
Autor	Centro	año	País	Herramienta	Soporte	Test	Comentario
(Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2003)	Michigan Technology University	1996-2000	EEUU	Manual multimedia de mejora de la visión espacial	Disponible en CD	SI	El CD permite trabajar de manera interactiva conceptos como rotaciones, ejes, cortes, vistas normalizadas...
(Osborn & Agopino, 1992)	University of California	1992	EEUU	Interface for Interactive Visualization	Programa de manejo de figuras 3D. No disponible en la web	NO	Permite crear de manera fácil elementos 3D, así como su manipulación e incluso corte. Asocia a dichas piezas sus vistas normalizadas
(Holliday-Darr, Blasko, & Dwyer, 2000)	Penn State University	2000	EEUU	Test virtuales	Disponible en internet	NO	Hay test y ejercicios curiosos dirigidos a mejorar la visión espacial http://www.courses.psu.edu/ime/imebfm/mb02/7b_dqb6vNZ
(Crowne, 2001)	University of Texas – Pan American	2001	E.E.UU	Curso de ejercicios de juegos y visualización clásicos.	Disponible en CD-ROM e internet	NO	Son ejercicios bastante clásicos de elegir vistas ortogonales o realizar relaciones a sólidos. Pasaron un test de satisfacción a los alumnos con muy buenos resultados sobre la herramienta http://crown.panam.edu/EG/qames/index.html
(Sueoka, Shimizu & Yokosawa, 2001)	Nagoya University / Ichimurakauen College	2001	Japón	Dyanmic 3D Platform	Entorno VRML y Java3D	NO	Aporta un entorno 3D para los materiales clásicos de mejora de la visión espacial
(Keller, Wasburn-Moses, & Hart, 2002)	Michigan State University/Mahatishi	2002	EEUU	Isometrics Views	On-line Applets Java	SI	Es una aplicación que permite construir sólidos 3D a partir de cubos y generar sus vistas ortogonales, así como girar los resultados obtenidos. Es muy intuitiva. http://luminations.netm.org/tools/isometric/isometric.asp
(Ramos, García, Baños, Melgosa, García, & Sainz, 2001-02)	Departamento de Expresión Gráfica, Universidad de Burgos	2003	España	Taller de visión espacial	Entorno VRML y Flash en internet	NO	Es la versión on-line de los ejercicios clásicos de papel. Está realizado en Flash junto con lenguaje VRML, creado de esta manera un entorno muy atractivo para el alumno. http://www2.lubu.es/expressgrafic/xprogram/visualizacion3d/index2.shtml
(Connolly & Malcher, 2005)	Purdue University	2005	EEUU	Multiview Drawing	Disponible en internet	NO	Dada una perspectiva isométrica de una pieza, el programa permite dibujar una vista y corrige automáticamente el resultado de la misma.
(Rafi, Anuar, Samad, Hayati, & Mahadzir, 2005)	Multimedia University	2005	Malasia	WBVE	Disponible en Internet en plataforma e-learning - no admite invitados	SI	Es un entorno de realidad Virtual (VRML) que permite manipular objetos 3D y ver sus vistas normalizadas. Utilizan un test de rotación (no especifican cual) para medir los resultados de la herramienta
(Suarez, Rubio, Gallego, & Martín, 2004)	Oviedo	2005	España	Mesa de visión	Aplicación Flash en internet	NO	Se tiene acceso a una serie de aplicaciones desarrolladas en Flash para la mejora de la visión espacial. Las aplicaciones son novedosas en su concepto, acercan a los dibujos animados, con el objetivo de capturar la atención de los estudiantes. Acceso desde Universidad de Oviedo – Dto Construcción e Ingeniería fabricación. Área Expresión Gráfica en Ingeniería. (AEG)

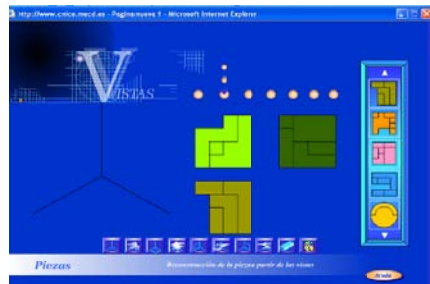
Tabla 2.6 Herramientas específicas diseñadas para mejora de la capacidad de visión espacial (Universidades)

En las páginas siguientes se realiza un recorrido por diferentes aplicaciones web, cuya utilización permite el desarrollo de las habilidades espaciales. La característica principal de estas herramientas es su libre acceso, sus entornos amigables y su facilidad de uso. Casi todas ellas, están programadas en lenguajes específicos pensados para funcionar con elementos tridimensionales y con gráficos en entornos de red, por ejemplo, en lenguaje VMRL (Virtual Reality Modeling Language) o las aplicaciones animadas como Flash MX. Algunas de estas aplicaciones web permiten un seguimiento del proceso de aprendizaje mediante la recogida de datos a través de la conexión de la aplicación con una base de datos.

En la página web del Ministerio de Educación de España hay disponible una recopilación de dichas aplicaciones, todas ellas premiadas en la convocatoria anual que a tal efecto tiene el ministerio para premiar recursos didácticos a nivel de Enseñanzas Medias. El Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el Profesorado (ISFTIC)¹⁰ es el encargado de realizar esta recopilación. En la asignatura de Dibujo técnico, hay disponibles varias de estas herramientas pero las que han sido diseñadas para el desarrollo de la visión espacial son:

- **Vistas.** Geometría Descriptiva, de José Antonio Cuadrado Vicente.
- **Interpretación de planos,** de Pablo Romanos Muñoz.
- **Visión espacial,** de Luis Garrido Valencia y Margarita Garrido Espinosa.
- **Piezas. 180 diseños para dibujo técnico,** de Antonio L. Martín González.

Vistas¹⁰ (Ministerio de Educación y ciencia): dispone de varias opciones asociadas a piezas que permiten obtener las vistas de una pieza dada su perspectiva, reconstruir una pieza a partir de sus vistas, localizar una vista dada entre múltiples opciones, seleccionar un plano en las vistas y asociarlo con su dibujo tridimensional.



Curso de interpretación de planos¹⁰ (Ministerio de Educación y ciencia): Permite determinar la figura correcta de acuerdo a las vistas dadas, seleccionar un plano en las vistas y asociarlo con su dibujo en tres dimensiones,...



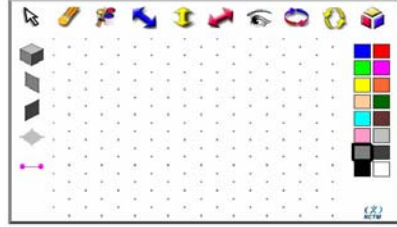
¹⁰ <http://www.isftic.mepsyd.es/profesores/asignaturas/>

<p>Visión espacial.¹⁰ (Ministerio de Educación y ciencia): El propósito de esta aplicación abarca los conceptos: tres dimensiones, puntos de vista de un objeto, proyecciones y sistemas de representación. Permite representar en 3D objetos sencillos, planos inclinados, superficies curvas, aristas ocultas y objetos complejos.</p>	
<p>Piezas¹⁰ (Ministerio de Educación y ciencia): Permite visualizar una pieza en tres dimensiones (incluye rotaciones y zoom) e imprimir los planos de las vistas para trabajar los conceptos espaciales.</p>	

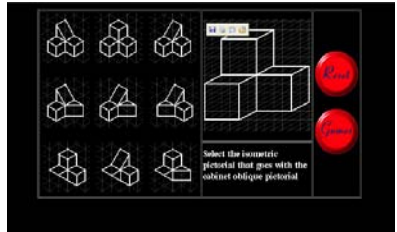
Otras aplicaciones de interés a nivel nacional e internacional:

<p>Taller virtual de mejora de la visión espacial (Universidad de Burgos): es la versión on-line de los ejercicios clásicos de papel. Está realizado en Flash junto con lenguaje WRML, creando de esta manera un entorno muy apetecible para el alumno. Dispone de varios niveles de ejercicios. http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml</p>	
<p>Mesa de visión (Universidad de Oviedo): Esta es una zona privada de la web del Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, en la cual se tiene acceso a una serie de aplicaciones desarrolladas en Flash para la mejora de la visión espacial. Las aplicaciones son novedosas en su concepto, cercano a los dibujos animados, con el objetivo de capturar la atención de los estudiantes. (AEGI – UNIOVI). El sistema permite guardar datos del usuario para tener controlado la evolución del alumno. http://aegi.euitg.uniovi.es/</p>	
<p>Visualization Assessment and Training Home: (Pennsylvania State University) Permite evaluar y mejorar mediante test la capacidad espacial. http://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b_dg_b6/VIZ/</p>	

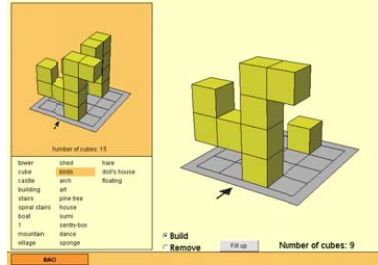
Espatial reasoning using cubes and isometric drawings: (Está realizado en colaboración, entre la National Council of Teachers of Mathematics and MarcoPolo) Dispone de un gran surtido de juegos para desarrollar el razonamiento espacial. Está orientado a estudiantes de matemáticas pero es igualmente válido para ingeniería.
<http://illuminations.nctm.org/ActivityDetail.aspx?id=125>



Engineering graphics games and quizzes (Crown, 2001). Dispone de un gran surtido de juegos para desarrollar la visión espacial (puzzles, ejes cartesianos en 3D, etc....)
<http://crown.panam.edu/EG/games/index.html>



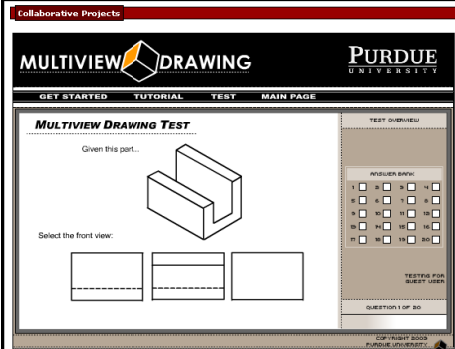
Building with blocks. Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education. (Neederland) Dispone de juegos en el contexto de las matemáticas. El juego Building with block propone actividades a desarrollar en tres dimensiones, entre otras crear un elemento pudiendo conocerse las vistas principales del elemento creado. También a partir de elementos en vistas, se propone construir el objeto en tres dimensiones.
<http://www.fi.uu.nl/wisweb/isdde/>



Interactive tutorial for Spatial Intelligence: Desarrollado por Department of Operations Engineering, en la Universidad de Limerick - Irlanda. El objetivo de esta herramienta desarrollar la capacidad espacial a través de la utilización de imágenes interactivas. Se trata de un sistema tutorial basado en web (Anon, 2002). El usuario puede entrenar las cinco sub-competencias de la capacidad espacial, según la clasificación de (Gaughran, 1996).
<http://www.ul.ie/~mearsa/9519211/>



Multiview Drawing: Tutorial interactivo para el entrenamiento del dibujo de vistas normalizadas y el desarrollo de la habilidad espacial.
<http://kellenmaicher.com/portfolio/projects/multiview.html>



<p>3D Interactive Model Web (3DIMW), está diseñada en lenguaje asp.net y asociada a una base de datos SQL que permite el registro de datos de usuario y el seguimiento y evolución del aprendizaje. La herramienta proporciona la descarga de los modelos 3D. http://140.127.45.25/3d/index.aspx</p>	
<p>MET, "Sistema integrado de medida y entrenamiento de la habilidad para gestionar relaciones tridimensionales representadas bidimensionalmente". Es un prototipo de sistema integrado informatizado diseñado para medir y entrenar las diferencias individuales en los factores psicométricos de Relaciones Espaciales (SR) y Visualización (Vz) de la aptitud espacial (Colom-Marañón, y otros, 1996)</p>	<p>No disponible</p> 
<p>(You, Chuang, & Chen, 2008) Propone una herramienta especialmente diseñada para jugar con elementos geométricos que permite desarrollar las habilidades espaciales.</p>	<p>No disponible</p> 

Los autores Deshpande & Samuel (2009), han realizado un estudio del estado del arte, acerca de las aplicaciones multimedia y web desarrolladas en el ámbito de la educación en todos los campos de ingeniería con el claro objetivo de servir al aprendizaje y con interfaces similares a los videojuegos.

2.12. ESTRATEGIAS UTILIZADAS EN LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES ESPACIALES.

El grupo DEHAES¹¹, grupo de investigación en habilidades espaciales, formado por profesores de la Universidad de La Laguna y de la Universidad Politécnica de Valencia, viene desarrollando desde el año 2004 diversas líneas de investigación centradas en el estudio de la mejora de la capacidad espacial en los estudiantes de titulaciones técnicas.

A principios del **curso académico 2004-05**, se lleva a cabo el primer estudio en forma de cursos intensivos de mejora, con el objetivo principal de mejorar la capacidad espacial de los estudiantes que acceden a primer curso de titulaciones técnicas en la universidad y proporcionar un banco de pruebas para elaborar estrategias de actuación. Se utilizaron los test MRT y DAT:SR para detectar los alumnos con menor capacidad espacial y evaluar los resultados. Se testearon 460 estudiantes, que lograron una puntuación media de 16.75 puntos (sobre un máximo de 40) en MRT y 42.96 puntos en DAT: SR (sobre un máximo de 60).

Se diseñaron tres cursos intensivos de seis horas de duración (Cursos A, B y C) para los estudiantes con puntuaciones más bajas (Contero, Naya, Company, Saorín, & Conesa, 2005). El curso A se dedicó a realizar ejercicios tradicionales de lápiz y papel, organizándolos por nivel de dificultad y teniendo en cuenta la estructura suministrada por Pérez y Serrano, en el libro "Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial" (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998). El curso B, se organiza para entrenar con aplicaciones pseudolúdicas disponibles en internet y de libre acceso. El curso C, se basó en la utilización de la aplicación educacional eCIGRO, desarrollada por el grupo de investigación REGEO de la Universidad Politécnica de Valencia y Universidad Jaume I. Esta aplicación utiliza una tableta gráfica o un tablet PC, para sustituir al lápiz y papel clásicos. La aplicación permite la visualización en tres dimensiones de las perspectivas isométricas planas dibujadas en la pantalla, de modo que el alumno realiza los ejercicios en perspectiva y bocetados a mano.

Los cursos se desarrollan durante las primeras semanas del primer cuatrimestre, para que los datos no sean distorsionados por el hecho de cursar el resto de asignaturas, sobre todo Expresión Gráfica.

En el **curso académico 2006-07** se lleva a cabo un nuevo curso, basado en la utilización del software Google SketchUp (Martín-Dorta, Saorín, & Contero, 2008a). Se propone una metodología de apoyo al desarrollo de las relaciones espaciales y de la visión espacial, mediante el uso de dicho software. El curso se desarrolla durante 3 semanas con un programa de actividades de 8 horas en el aula y 4 horas de trabajo fuera del aula. Se combinan actividades de iniciación dedicadas al modelado de piezas reales y de piezas realizadas libremente por el estudiante.

A principios del **curso académico 2007-08**, se realizan tres nuevas experiencias, dos de ellas basadas en el uso de videojuegos (capítulo 4) y la tercera en una aplicación web.

Al igual que en cursos anteriores, se propone a los alumnos la realización de cortos cursos para mejorar su capacidad espacial. Dos de los cursos utilizan el videojuego Tetris, siendo programado un entrenamiento de 9 horas jugando en ordenador de sobremesa (PC) y el otro jugando en la videoconsola portátil Nintendo Ds. La programación del curso, consiste en jugar en varios modos y niveles de dificultad del juego. Además de analizar la mejora en ambos cursos se analiza el efecto que tiene utilizar una u otra plataforma (capítulo 4).

¹¹ <http://www.degarin.com/dehaes>

En Martín-Dorta, Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, & Navarro (2008b), se presenta la experiencia realizando un corto entrenamiento con la aplicación web “Building with Block”¹² en la que participaron estudiantes que presentaban niveles muy bajos en capacidad espacial. El entrenamiento consiguió posicionar a los estudiantes en el nivel medio de referencia de capacidad espacial.

En el curso académico 2008-09 se organizaron y realizaron varios cursos de entrenamiento, utilizando distintas herramientas (capítulo 4):

- 1.-Curso basado en contenidos de Geometría Descriptiva mediante metodología tradicional.
- 2.-Curso basado en contenidos de Geometría Descriptiva con apoyo de una herramienta informática. El estudiante utiliza un visualizador 3D para seguir las explicaciones.
- 3.-Curso basado en ejercicios tradicionales utilizados en la asignatura de Expresión Gráfica.
- 4.-Curso basado en tecnología de Realidad Aumentada. Los estudiantes deben de resolver las actividades que se les propone, facilitándole los modelos de forma virtual.

Formando parte del trabajo doctoral de D. Norena Martín Dorta: “Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales”, se han desarrollado los siguientes cursos:

- 1.- Curso web interactivo sobre dispositivos móviles de pantalla táctil (IPods).
- 2.- Curso “Construyendo con bloques” basado en tecnología móvil.

En resumen las experiencias realizadas herramientas utilizadas han sido:

Curso Académico	Herramientas	Curso
2004-05	- Libro de ejercicios - Aplicaciones web - Software eCIGRO	- Curso de ejercicios de expresión gráfica, croquizados en papel y lápiz. - Curso basado en aplicaciones Web. - Curso con eCIGRO
2006-07	- Piezas reales - Software SketchUp	- Curso basado en la utilización del software Google SketchUp
2007-08	Videojuegos : - Tetris Arena - Tetris Revolution - Tetris Block 3D - Tetris Nintendo Ds - Videoconsola Nintendo Ds. Web: http://www.fi.uu.nl/wisweb/isdde/	- Curso desarrollo de HE utilizando videojuego en PC - Curso desarrollo de HE utilizando videojuego en Nintendo Ds - Curso desarrollo de HE utilizando aplicación web “Building with Block”.
2008-09	- Libro de apuntes: Curso Rápido de Geometría Descriptiva. - Libro de ejercicios de Expresión Gráfica - AR_DEHAES (aplicación para desarrollar HE mediante realidad aumentada) - Herramienta 3D para IPods.	- Curso desarrollo de HE basado en contenidos de Geometría Descriptiva mediante metodología tradicional. - Curso desarrollo de HE basado en contenidos de Geometría Descriptiva con apoyo de una herramienta informática. - Curso desarrollo HE basado en ejercicios tradicionales utilizados en la asignatura de Expresión Gráfica. - Curso basado en tecnología de Realidad Aumentada. - Curso de web interactivo sobre dispositivos móviles de pantalla táctil (IPods).
2009-10	- Aplicación para móvil: “Construyendo con bloques”	- Curso “Construyendo con bloques” basado en tecnología móvil.

Tabla 2.7 Estrategias para desarrollar las habilidades espaciales realizadas en la ULL

¹² <http://www.fi.uu.nl/wisweb/en/welcome.html>

BLOQUE 3. EXPRESIÓN GRÁFICA EN EL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL.

2.13. LOS ESTUDIOS DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN EL SISTEMA UNIVERSITARIO ESPAÑOL.

Todas las titulaciones de ingeniería incluidas en el sistema universitario español (excepto ingeniería informática y telecomunicaciones), contienen en su plan docente al menos una asignatura de Expresión Gráfica, donde se imparten con carácter general contenidos de sistemas de representación, normalización y en la mayoría de los casos dibujo asistido por ordenador.

Actualmente el sistema universitario español está inmerso en un proceso de cambio, consecuencia de la implantación del modelo Europeo de Educación Superior. Se prevé que en el curso académico 2010-11, todas las universidades españolas, estén impartiendo las titulaciones universitarias adaptadas a los nuevos planes de estudios siguiendo las directrices de dicho modelo.

En el curso 2009-10 continua vigente en la mayoría de las titulaciones, los planes de estudios que vienen impartiendo de cursos atrás. Las titulaciones que actualmente imparten asignaturas de Expresión Gráfica son:

<ul style="list-style-type: none"> • Arquitecto • Arquitecto Técnico • Ingeniero Aeronáutico • Ingeniero Agrónomo • Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. • Ingeniero de Minas • Ingeniero de Montes • Ingeniero Geólogo • Ingeniero Industrial • Ingeniero Naval y Oceánico • Ingeniero Químico 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Técnico Aeronáutico: esp. Aeromotores • Ingeniero Técnico Aeronáutico: esp. Aeronavegación • Ingeniero Técnico Aeronáutico: esp. Aeronaves • Ingeniero Técnico Aeronáutico: esp. Aeropuertos • Ingeniero Técnico Aeronáutico: esp. Equipos y Materiales Aeroespaciales • Ingeniero Técnico Agrícola, Especialidad en Explotaciones Agropecuarias • Ingeniero Técnico Agrícola, Especialidad en Hortofruticultura y Jardinería • Ingeniero Técnico Agrícola, Especialidad en Industrias Agrarias y Alimentarias • Ingeniero Técnico Agrícola, Especialidad en Mecanización y Construcciones Rurales
<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Técnico de Minas, Especialidad en Explotación de Minas • Ingeniero Técnico de Minas, Especialidad en Instalaciones Electromecánicas Mineras • Ingeniero Técnico de Minas, Especialidad en Minerología y Metalurgia • Ingeniero Técnico de Minas, Especialidad en Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos • Ingeniero Técnico de Minas, Especialidad en Sondeos y Prospecciones Mineras 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Especialidad en Construcciones Civiles • Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Especialidad en Hidrología • Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Especialidad en Transportes y Servicios Urbanos • Ingeniero Técnico en Topografía • Ingeniero Técnico Forestal, Especialidad en Explotaciones Forestales • Ingeniero Técnico Forestal, Especialidad en Industrias Forestales • Ingeniero Técnico en Diseño Industrial • Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad en Electricidad • Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial • Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad en Mecánica • Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad en Química Industrial • Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Textil • Ingeniero Técnico Naval, Especialidad en Estructuras Marinas • Ingeniero Técnico Naval, Especialidad en Propulsión y Servicios del Buque
<ul style="list-style-type: none"> • Diplomado en Máquinas Navales 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomado en Radioelectrónica Naval • Diplomado en Navegación Marítima

En el modelo educativo actual, las titulaciones de ingeniería, pueden ser de ciclo corto (ingenierías técnicas, organizadas en tres cursos académicos) y de ciclo largo (ingenierías, organizadas en cinco cursos académicos). Las asignaturas tienen una carga lectiva que se mide en créditos, de forma que un crédito equivale a 10 horas de docencia teórica y práctica. Según la titulación, en función de las competencias profesionales que

tenga, la carga lectiva en materia de Expresión Gráfica varía y evidentemente también varía la extensión del programa docente de la asignatura. Se pueden encontrar asignaturas de Expresión Gráfica con cargas lectivas de 4.5 – 6 – 9 ó 12 créditos.

Establecer un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) para el año 2010 es el objetivo principal en la Universidad Española. Para conseguirlo el Ministerio de Educación y Ciencia de España, ha marcado las directrices que deben regir el cambio del sistema universitario a través de los siguientes reales decretos:

- **Real Decreto 55/2005 y Real Decreto 56/2005**, (publicado en BOE núm. 21, de 25/01/2005), por el que se establece la **estructura de las enseñanzas universitarias** y se regulan los estudios universitarios oficiales de Grado y de Posgrado.
- **Real Decreto 1393/2007**, (publicado en BOE núm. 260, de 30/10/2007), establece la **ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales**, y arbitra los mecanismos que permitirán integrar el sistema universitario español en el **Espacio Europeo de Educación Superior**.

El Ministerio de Ciencia y Tecnología, publica para cada título universitario, una orden ministerial en la que aparecen las directrices para crear los planes de estudios.

- **Ordenes CIN**, (órdenes del Ministerio de Ciencia y Tecnología) Boletín Oficial del estado (Núm. 42, 43 y 44 en Febrero de 2009). Estas órdenes establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de profesiones técnicas.

Con la implantación del sistema de créditos europeos (ECTS), el estudiante español va a encontrar una estructura uniforme de titulaciones a nivel europeo (Grado y Posgrado) y podrá disfrutar de una calidad de enseñanza garantizada, teniendo la posibilidad de trasladarse a la universidad europea donde prefiera estudiar sin necesidad de pasar por complicados trámites de homologación (Gutiérrez Nogueroles, 2005).

De acuerdo con líneas generales emanadas del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y según la normativa que a tal efecto el Gobierno de España ha desarrollado, la estructura de las enseñanzas, estarán formadas por titulaciones de Grado (organizadas en 4 cursos académicos – 240 créditos) y titulaciones de Postgrado-máster (con una duración de no más de 120 créditos). La carga lectiva de las asignaturas se medirá en créditos ECTS de forma que un crédito ECTS tiene una carga entre 25-30 horas, de las cuales 10 horas serán de docencia teórico-práctica, seminarios y tutorías impartidas por el profesor y el resto de horas serán de trabajo personal del alumno. La duración de los cursos académicos será de 60 créditos.

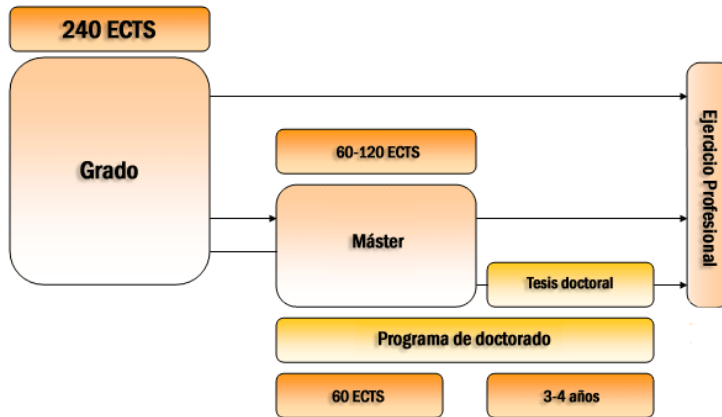


Fig. 2.8 Estructura de la enseñanza universitaria en modelo EEES. Fuente Ministerio Educación-Gob. España

En el momento de redactar esta tesis, en el territorio español coexisten las titulaciones en los dos modelos ya que las universidades están en proceso de adaptar sus títulos al nuevo modelo.

El Espacio Europeo de Educación Superior instaura un modelo de títulos abiertos, con capacidad de respuesta a las demandas de la sociedad, de manera que las universidades proponen una oferta académica que, una vez evaluada por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), verificada por el Consejo de Universidades y registrada en el RUCT (Registro de universidades, centros y títulos) con autorización del Gobierno Autónomo, pasa a incorporarse a un catálogo abierto de titulaciones.

Este modelo educativo, además de potenciar la autonomía y libertad de las Universidades, asume también la posibilidad de que los títulos puedan desaparecer por incumplimiento de unos niveles de calidad mínimos exigibles. De hecho, los títulos universitarios oficiales deberán someterse a un procedimiento de **evaluación** cada 6 años a contar desde la fecha de su registro en el RUCT para mantener su acreditación. A estos efectos, la ANECA establecerá los protocolos de verificación y acreditación necesarios.

En las órdenes CIN comentadas anteriormente, por las que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de profesiones técnicas, aparecen las competencias que el alumno debe desarrollar. A partir de este documento las universidades elaboran los planes de estudio de las nuevas titulaciones de Grado o Máster.

No es posible adelantar en qué situación quedará la asignatura de Expresión Gráfica en los nuevos planes de estudios, pero lo cierto es que todas las órdenes ministeriales referentes a los títulos de ingeniería (excepto informática y telecomunicaciones) hacen referencia a que los alumnos deben adquirir la competencia de *desarrollar la capacidad de visión espacial y obtener conocimientos en los sistemas de representación gráfica tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y descriptiva como mediante aplicaciones de diseño asistido por ordenador*. Este hecho implica sin lugar a dudas que las titulaciones de ingeniería dispondrán de una asignatura con contenidos de Expresión Gráfica. Queda a elección de la universidad en el momento de realizar el plan de estudios, la asignación de la carga lectiva que estime conveniente para la formación del alumno.

Algunas universidades ya tienen verificado los planes de estudios para las titulaciones de ingeniería y podrán ponerlo en marcha en el próximo curso académico 2010-11. En la página web del RUCT¹³, se puede consultar el catálogo de títulos universitarios que se imparten en el territorio español.

Oferta de plazas 2009/2010	Notas de corte 2009/2010		Enseñanza	Ciclo/Tipo	Año del Plan	Universidad	Tipo de Universidad	Centro	Provincia	Localidad	Vinculación
	PAU	Otras vías									
-	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad Autónoma de Barcelona	Universidad Pública	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA	Barcelona	CERDANYOLA DEL VALLES	-
160	-	-	Grado en Ingeniería mecánica	Grado Oficial	2009	Universidad Carlos III de Madrid	Universidad Pública	Escuela Politécnica Superior	Madrid	LEGANÉS	Propio
-	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad de Extremadura	Universidad Pública	UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA	Badajoz	BADAJOS	-
-	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad de Girona	Universidad Pública	UNIVERSIDAD DE GIRONA	Girona	GIRONA	-
-	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad de Navarra	Universidad Privada	UNIVERSIDAD DE NAVARRA	Navarra	PAMPLONA/IRUÑA	-
-	-	-	Grado en Ingeniería mecánica	Grado Oficial	2009	Universidad Mondragón Unibertsitatea	Universidad Privada	Escuela Politécnica Superior	Gupúzcoa	ARRASATE-MONDRAGON	Propio
Sin Límite	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad Nacional de Educación a Distancia	Universidad Pública	UNIVERSIDAD IAC.DE EDUCACIÓN A DISTANCIA	Madrid	MADRID	-
-	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad Politécnica de Cartagena	Universidad Pública	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	Murcia	CARTAGENA	-
-	-	-	Grado en Ingeniería Mecánica(1)	Grado Verificado(1)	2009	Universidad Politécnica de Cataluña	Universidad Pública	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA	Barcelona	BARCELONA	-

Tabla 2.8 Captura de pantalla desde la web RUCT. Títulos de Grado de ingeniería mecánica verificados en España. (Consultado Nov. 2009)

2.13.1 Revisión de los programas de Expresión Gráfica en las titulaciones de Ingeniería.

En noviembre de 2007, a través de internet, se procedió a recopilar los programas de las asignaturas de Expresión Gráfica, impartidas en las titulaciones de ingeniería en todas las universidades españolas. El objetivo de este trabajo ha sido conocer en qué medida las asignaturas de Expresión Gráfica en las distintas titulaciones coinciden en contenidos.

La forma de operar ha sido la siguiente:

1. *Creación del listado de Universidades y titulaciones de ingeniería/arquitectura.* Se ha trabajado con un total de 60 universidades y los planes de estudios de 494 titulaciones de la rama de Arquitectura e Ingeniería.
2. *Listado de asignaturas relacionadas con Expresión Gráfica y CAD, en cada una de las titulaciones del listado (1).* Se contabiliza y trabaja con un total de 643 asignaturas*.

(* En ocasiones, una titulación con varias especialidades, por ejemplo Ing. Tec. Minas, aún teniendo 3 especialidades, y por tanto son tres titulaciones distintas, el programa de la asignatura Expresión Gráfica es común. Se ha considerado que se trata de tres asignaturas distintas, por estar en distintos planes de estudios).

3. *Obtención de los programas de las asignaturas.* Se consiguen los programas de 544 asignaturas (84,6% del total).
4. *Al azar se selecciona el 20% de los programas conseguidos para establecer varios bloques de contenidos comunes.* Una vez revisados los contenidos de 110 programas de las distintas asignaturas, se establecen 4 bloques:

¹³ <https://www.educacion.es/ructweb/jsp/compBdDo.do>

- a. *Sistemas de Representación.* (Sistema Diédrico, Sistema Acotado, Vistas-Cortes-Secciones)
 - b. *Normalización.*
 - c. *Diseño asistido por ordenador.*
 - d. *Otros* (sistema cónico, geometría plana, croquización ...)
5. *Comprobar si los contenidos del resto de programas se corresponden con los bloques marcados.* El resultado obtenido indica que el 89% de los programas (484) tienen los tres primeros bloques (Sistemas de Representación, Normalización y DAO). El resto de programas tienen al menos uno de los bloques marcados, es decir, algunos de los programas no tienen contenidos de diseño asistido por ordenador, porque se ofrece como una asignatura optativa. También hay que tener en cuenta que la cantidad de contenidos no son los mismos en asignaturas análogas de las mismas o distintas titulaciones. También, se da el caso que distintas universidades que imparten la misma titulación, coinciden en contenidos, pero no en el nivel de profundización.

2.14. MEJORA DE LA ENSEÑANZA EN EXPRESIÓN GRÁFICA.

Desde finales de los años 90, debido a los cambios que se estaban produciendo en el ámbito universitario, hubo que revisar los contenidos de las asignaturas de Expresión Gráfica para adaptarlas a los nuevos planes de estudios que proponían asignaturas cuatrimestrales, pero también la influencia de las nuevas tecnologías en éstas asignaturas –herramientas informáticas y redes de comunicación– llevó a los profesores a un cambio en las metodologías empleadas.

La integración de las nuevas tecnologías en el desarrollo docente de las asignaturas de Expresión Gráfica, es una realidad en el sistema universitario español. Partiendo del hecho que todas las universidades españolas disponen de plataformas virtuales en la que los profesores ponen a disposición de los estudiantes apuntes, prácticas, ejercicios, actividades interactivas e incluso tutorías a distancia (tutorías virtuales) y la iniciativa de algunos profesores de disponer de un espacio web para el desarrollo docente de las asignaturas, son un indicativo de que la metodología docente está cambiando.

Una buena herramienta, puede llevar al fracaso el proceso de aprendizaje si no se sabe utilizar o se utiliza bajo una metodología no adecuada. Los profesores Mondragón, Company, Vergara, Piquer, & Aleixos (2003) proponen una metodología para la enseñanza de Expresión Gráfica basándose en el hecho que el aprendizaje es más significativo, cuando este proceso se relaciona con elementos o conocimientos que ya se conocen.

Ferreiro, Sentana, Sentana, Tomás, & Díaz (2001), introducen el trabajo cooperativo y en grupo para realizar las tareas propuestas en Expresión Gráfica como una metodología que favorece el rendimiento y velocidad del aprendizaje además de desarrollar aptitudes de liderazgo, cooperación, comunicación y relaciones personales.

Son muy numerosos los profesores que desarrollan o han desarrollado aplicaciones didácticas multimedia, interactivas, webs... basadas en contenidos de la asignatura con el objeto de posicionar al alumno en un papel más activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, las herramientas como apoyo para la explicación de

conceptos y principios fundamentales fomentan el aprendizaje autónomo. Además tienen la gran ventaja de que si están perfectamente integradas en la docencia de la asignatura, es un método de enseñanza que se adapta a la velocidad de aprendizaje del estudiante.

Garmendia et al, (2001) realizaron una experiencia de innovación docente en la EUITI de San Sebastián, que consistió en integrar un sistema multimedia en la asignatura de Expresión Gráfica como herramienta de apoyo en el aula. Los resultados indicaron que la utilización de sistemas multimedia en el aula contribuye por un lado a la mejora de la comprensión de los conocimientos impartidos, y por otro a la motivación del alumno y su participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. También señalan en su trabajo que la utilización de sistemas multimedia en el área de Expresión Gráfica constituye una importante oportunidad de mejora de la calidad de la docencia. Los profesores García, Martín, Suárez, Pérez, & Suárez (2002) de la Universidad de las Palmas de Gran Canarias, desarrollaron la herramienta SAD (sistema de apoyo al dibujo). De ella se sirven para impartir la docencia de la asignatura de Expresión Gráfica además de servir de recurso de estudio fuera del aula para el alumno.

Algunos profesores han adaptado el material teórico que imparten en sus aulas, a herramientas multimedia, de forma que puedan ayudar al alumno en el estudio de la materia fuera del aula (Álvarez Peñín, Del canto, Charro, Rubio, García, & Suárez, 2001), (Álvarez Peñín, Pando, García, & Pérez, 2006), (Álvarez Cuervo, Rocés, & Alonso, 2006), (Fernández, Reina, Mateo, & Sánchez, 1998), (Blanco et al, 2006). La componente práctica es fundamental en la asignatura Expresión Gráfica, de modo que también se han realizado herramientas en este sentido: (Ramos, García, Baños, & Melgosa, 2003), (Garmendia, Gisasola, & Gorozika, 2004). La posibilidad de integrar las aplicaciones multimedia en plataforma web, ha posibilitado el acceso a estas aplicaciones a un mayor número de usuarios.

Algunos software comerciales muy implantados en el mercado como AutoCad, tienen la posibilidad de poder anidar en ellos módulos específicos. Mora, Palomo, García, & Marín (2001) desarrollaron un módulo para trabajar con piezas tridimensionales y ver sus proyecciones ortográficas.

Profesores del área de Expresión Gráfica, han desarrollado herramientas para mejorar la capacidad espacial, para aquellos estudiantes con dificultades para comprender los contenidos de Expresión Gráfica y con deficiencias en el desarrollo de las habilidades espaciales (Flórez, Rodríguez, & Alvarez, 2001), (Ramos, García, Baños, Melgosa, García, & Sainz, 2001-02), (Suarez, Rubio, Gallego, & Martin, 2004).

El grupo de investigación REGEO formado por profesores de UPV y UJI desarrollan herramientas que permiten la visualización en tres dimensiones de las perspectivas isométricas planas dibujadas sobre la pantalla (tablet PC). El alumno realiza ejercicios de dibujo en perspectiva, bocetados a mano, de los cuales podrá obtener las vistas normalizadas.

La introducción del crédito europeo (ECTS) en el sistema universitario español implica importantes diferencias con respecto al crédito vigente, ya que no es una mera medida de duración temporal de las clases impartidas por el profesor, sino una unidad de estimación del volumen de trabajo total del alumno, expresado en horas, que incluye tanto las clases, teóricas o prácticas, como el esfuerzo dedicado al estudio y a la preparación y realización

de exámenes. Además es importante destacar el carácter que tendrán las asignaturas en el nuevo entorno EEES, donde se plantea la necesidad de que el docente asuma un papel de facilitador y gestor del proceso de aprendizaje del estudiante, proporcionándole formación, material y asistencia tutorial supervisado por un sistema de calidad de la enseñanza. En este contexto, son fundamentales las herramientas que asistan a la actividad docente del profesor y aprendizaje del alumno.

Docentes del área de Expresión Gráfica han desarrollado herramientas que sirven de apoyo al aprendizaje del alumno y a la vez facilitan la labor tutorial del profesorado. Font Andreu (2007) realiza una recopilación y estudio de las herramientas docentes desarrolladas por profesores del área de Expresión Gráfica entre el año 1998 y el año 2006.

Analizando los trabajos anteriores se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Las herramientas basadas en tecnologías con las que los estudiantes están familiarizados, influyen directamente en el aumento de la motivación de los alumnos con respecto a la asignatura.
- La valoración global de la docencia aumenta considerablemente con la utilización de estas herramientas, ya que mejora la comprensión de los ejercicios, y con ello la satisfacción y el interés del alumno por la asignatura.
- Las herramientas basadas en nuevas tecnologías destinadas a la enseñanza en el área de Expresión Gráfica constituye una importante oportunidad de mejora de la calidad de la docencia.

2.15. ESTUDIOS DE HABILIDADES ESPACIALES EN EL AREA DE EXPRESIÓN GRÁFICA Y ENTORNO UNIVERSITARIO ESPAÑOL.

El primer trabajo referenciado en España y en el área de Expresión Gráfica, sobre la mejora de las capacidades espaciales es una tesis doctoral (Dominguez Posada, 1994) en la que se demuestra que la capacidad de visión espacial mejora en los alumnos que cursan la asignatura de Expresión Gráfica.

Otros estudios realizados sobre las habilidades espaciales en el área de Expresión Gráfica en la Ingeniería han tratado los siguientes temas:

- Creación de cursos de intensificación de las habilidades espaciales, para alumnos acceden a la universidad con deficiencias en estas capacidades (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998), (Saorín J. , 2006).
- Medición de la percepción espacial de los alumnos que acceden a las titulaciones técnicas en función de los estudios cursado (LOGSE, Bachillerato, FP...). (Pérez Carrión, Serrano, Díaz, Tomás, & Sentana, 2002)
- Medición de las habilidades espaciales de los estudiantes que entran a la universidad y el estudio de los factores que pueden condicionar esos resultados (género, uso videojuegos, práctica de deportes, experiencias previas...) (Saorín J. , 2006), (Torner Ribé, 2009).
- Medición del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica en el desarrollo de las habilidades espaciales de la población Universitaria (Saorín J. , 2006), (Torner Ribé, 2009).

- Desarrollo de herramientas multimedia o basadas en tecnologías web dirigidas a la mejora de la visión espacial (Ramos, García, Baños, Melgosa, García, & Sainz, 2001-02), (Suarez, Rubio, Gallego, & Martin, 2004).
- Propuesta de metodología en la asignatura de primer curso Expresión Gráfica y diseño asistido por ordenador que permita desarrollar la HE de los estudiantes de ingeniería (Torner Ribé, 2009). El autor propone una programación de actividades practicas semanales a lo largo del curso utilizando el programa informático Solidworks. Ha realizado la experiencia en varias titulaciones de Ingeniería Industrial. Se midieron los niveles de capacidad espacial al principio y final del curso, obteniendo en todas las titulaciones experimentadas un aumento de los niveles de capacidad espacial al finalizar el curso.
- Comprobar si el uso de las herramientas de modelado de sólidos 3D, desarrolla la HE en los estudiantes (Torner Ribé, 2009).

Algunos trabajos, se han centrado solamente en el desarrollo de herramientas que podrían mejorar la capacidad espacial, pero no han medido el efecto de dicha mejora, por este motivo no han sido referenciados en este apartado, aunque sí se han hecho referencia a ellos en el apartado 2.14.

2.16. TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 2.

- Adánez, G., & Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal of Geometry and Graphics*, 6 (1), 99-109.
- Alias, M., Black, T., & Gray, D. (2002). Attitudes Towards Sketching and Drawing and the Relationship with Spatial Visualization Ability in Engineering Students. *International Education Journal*, 3 (3), 165-175.
- Alias, M., Black, T., & Gray, D. (2002). Effect of Instructions on Spatial Visualisation Ability in Civil Engineering Students. *International Education Journal*, 3 (1), 1-12.
- Álvarez Cuervo, R., Rocés, J., & Alonso, J. (2006). Sistema tutorado interactivo para el dibujo de vistas SDV®. *XVIII Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Sitges, Barcelona.
- Álvarez Peñín, P., Del canto, A., Charro, M., Rubio, R., García, R., & Suárez, J. (2001). Propuesta de un sistema multimedia para minimizar el efecto de la reducción de docencia tradicional en Expresión Gráfica. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Badajoz.
- Álvarez Peñín, P., Pando, P., García, R., & Pérez, M. (2006). Entorno multimedia para uso docente en materias de Expresión Gráfica. *XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Sigtes, Barcelona.
- Anon, D. (2002). Spatial Intelligence Home Page. <http://www.ul.ie/~mearsa/9519211/> (Consultado 15 Octubre 2009).
- Ault, H. (1999). 3-D Geometric Modeling for the 21st Century. *Engineering Design Graphics Journal*, 63 (2), 33-42.
- Backlund, P., Engström, H., & Johannesson, M. (2006). Computer Gaming and Driving Education. *Proceedings of the workshop Pedagogical Design of Educational Games affiliated with the 14th International Conference on Computers in Education*. Beijing, China.
- Baenniger, M., & Newcombe, N. (1989). The Role of Experience in Spatial Test Performance: A meta analysis. *Sex roles: A Journal of Research*, 20 (5-6), 327-334.
- Barr, R. (1999). Planning the EDG Curriculum for the 21st Century: A Proposed Team Effort. *Engineering Design Journal*, 63 (2), 4-12.
- Bennett, G., Seashore, H., & Wesman. (2007). A Differential Aptitude Tests. The Psychological Corporation. En *Spanish official version: Handbook of the DAT-5*. New York (1947): TEA Ediciones, S.A.
- Benton, A., Hamsher, K., Varney, N., & Spreen, O. (1983). *Contributions to neurological assesment: A clinical manual*. New York: Oxford press.
- Bertoline, G., & Miller, D. (1990). A Visualization and Orthographic Drawing Test Using the Macintosh Computer. *Engineering Design Graphics Journal*, 54, 1-7.
- Binet, A. (1905). New Methods for the Diagnosis of the Intellectual Level of Subnormals. *L'Année Psychologique*, 12, 191-244.
- Binet, A., & Simon, T. (1908). Applications of the New Methods to the Diagnosis of the Intellectual Level among Normal and Subnormal Children in Institutions and in Primary Schools. En H. H. Goddard (Ed.), *The Development of Intelligence in Children*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Blanco, M., Martín, A., Prádanos, R., Rodríguez, Q., Sanz, J., Parra, E., y otros. (2006). Estudio del sistema diédrico mediante un tutorial multimedia. *XVIII Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Sitges, Barcelona.

- Blasko, D., & Holliday-Darr, K. (1999). Engineering and Psychology: Joint project on Visualization and Engineering. *Paper presented at the meeting of the American Society for Engineering Educators North Central Section*. Erie, PA.
- Blasko, D., Holliday-Darr, K., Mace, D., & Blasko-Drabik, H. (2004). VIZ: The visualization assessment and training Web site. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36 (2), 256-260.
- Bodner, G., & Guay, R. (1997). The Purdue Visualization of Rotations Test. *The Chemical Educator*, 2 (4), 1-18.
- Bodner, G., & McMillen, T. (1986). Cognitive Restructuring as an Early Stage in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 727-737.
- Boersma, N., Hamlin, A., & Sorby, S. (2004). Work in progress- Impact of a Remedial 3-D Visualization Course on Student Performance and Retention. *Proceeding of the 34th Annual Frontiers in Education (FIE 2004)*, 2, págs. F1G-22-3. Savannah, Georgia.
- Bowers, D. (1986). Cognitive Processing and the Teaching of Engineering Graphics. *Engineering Design Graphics Journal*, 50 (3), 15-18.
- Boychev, P., Cheharova, T., & Sendova, E. (2007). Enhancing Spatial Imagination of Young Students by Activities in 3D Elica Applications. *Proceeding of the 36th Spring Conference of the Union of Bulgarian Mathematicians*, (págs. 109-119). Varna, Bulgaria.
- Brannon, C., & Lohr, D. (1985). *Spatial abilities related to skill at a three-dimensional video game*. Los Angeles: University of California Press.
- Branoff, T., Hartman, N., & Wiebe, E. (2002). Constraint-Based, Three-Dimensional Solid Modeling in an Introductory Engineering Graphics Course: Re-examining the Curriculum. *Engineering Design Journal*, 66 (1), 5-10.
- Bunch, R. (2005). Individual Differences in Map Reading: Spatial Abilities Using Perceptual and Memory Processes. *Cartography and Geographic Information Science*, 32 (1), 33-46.
- Burín, D., Delgado, Y., & Prieto, A. (2000). Solution Strategies and Gender Differences in Spatial Visualization Tasks. *Psicológica*, 21, 275-286.
- Calvo, A. (1998). Qué se sabe de los videojuegos. *Juguetes y Juegos de España*, 145, 88-93.
- Carroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities. A Survey of Factor-analytic Studies*. New York: Cambridge University Press.
- Carter, C., LaRussa, M., & Bodner, G. (1987). A study of two Measures of Spatial Ability as Predictors of Success in Different Levels of General Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 645-657.
- Cattell, J. (1895). Aufmerksamkeit und Reaction. *Philosophische Studien*, 8, 403-406.
- Cattell, J. (1890). Mental tests and measurements. *Mind*, 13, 37-51.
- Cattell, J. (1898). The psychological laboratories. *Psychological Review*, 5, 655-658.
- Cattell, J. (1886a). The time taken up by cerebral operations. *Mind*, 11 (Parts 1 & 2), 220-242.
- Cattell, J. (1886b). The time taken up by cerebral operations. *Mind*, 11 (Parts3), 377-392.
- Cattell, J. (1887). The time taken up by cerebral operations. *Mind*, 11 (Parts 4), 524-538.

- Cattell, R. B. (1946). *Description and Measurement of Personality*. New York: World Book.
- Cattell, R. B. (1965). A Biometrics Invited Paper. Factor Analysis: An Introduction to Essentials II. The role of factor analysis in research. *Biometrics*, 21, 405-435.
- Chan, D. (2007). Gender Differences in Spatial Ability: Relationship to Spatial Experience Among Chinese Gifted Students in Hong Kong. *Roeper Review*, 29(4), 277-283.
- Chandrasekaran, B. (1997). Diagrammatic Representation and Reasoning: Some Distinctions. *AAAI Fall 97 Symposium Series. American Association of Artificial Intelligence*. Cambridge, MA.
- Chay, J. C. (2000). 3D Mental Rotation Test. Disponible en <http://www.uwm.edu/People/johnchay/mrp.htm> (Consultado 14 Octubre 2009).
- Christou, C., Jone, K., Pitta-Pantazi, D., Pittalis, M., Mousoulides, N., Matos, J., y otros. (2007). Developing Student Spatial Ability with 3D Software Applications. *Proceeding of the 5th Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*. Larnaca, Cyprus.
- Chuang, T., & Chen, W. (2009). Effect of Computer-based Video Games on Children: An Experimental Study. *Educational Technology & Society*, 12(2), 1-10.
- Cladellas, R., & Castelló, A. (2008). Efectos diferenciales de un prolongado entrenamiento en una tarea espacial entre hombres y mujeres. *Apuntes de Psicología*, 26(1), 117-128.
- Cohen, C., Hegarty, M., Keehner, M., & Montello, D. (2003). Spatial Ability in the Representation of Cross Sections. *Proceeding of the 25th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Boston, MA.
- Colom-Marañón, B., Roberto, B., Crespo, J., García, T., Pérez, N., Sánchez, E., y otros. (1996). MET: Integrated System for the Measurement and Training Skills to Manage three-dimensional Relations Represented in two-dimensions: A Prototype. *Estudios de Psicología*, 17(1), 75-97.
- Conn, S. S., & Rieke, M. M. (1994). *The 16PF Fifth Edition technical manual*. Champaign, IL: Institute for Personality and Ability Testing.
- Connolly, P. (2009). Spatial Ability Improvement and Curriculum Content. *The 63rd Annual ASEE EDGD Mid-Year Conference Proceeding*. Berkeley, California.
- Connolly, P., & Maicher, K. (2005). The Developing and Testing of an Interactive Web-based Tutorial for Orthographic Drawing Instruction and Visualization Enhancement. *Proceedings of the 2005 ASEE Annual conference & Exposition*. Portland, Oregon.
- Contero, M., Company, P., Saorin, J., & Naya, F. (2006). Learning Support Tools for Developing Spatial Abilities in Engineering Design. *International Journal Engineering and Education*, 22(3), 470-477.
- Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorin, J., & Conesa, J. (2005). Improving Visualization Skills in Engineering Education. *IEEE Computer Graphics and Application*, 25(5), 24-31.
- Crown, S. (2001). Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using simple JavaScript Web Based Games. *Journal of Engineering Education*, 347-355.
- Czapka, J., Moeinzadeh, M., & Leake, J. (2002). Application of Rapid Prototyping Technology to Improve Spatial Visualization. *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Montreal, Quebec.
- De Lisi, R., & Cammarano, D. (1996). Computer Experience and Gender Differences in Undergraduate Mental Rotation Performance. *Computers in Human Behavior*, 12, 351-361.

- Dejong, P. (1977). Improving Visualization: Fact or Fiction? *Engineering Design Graphics Journal*, 41 (1), 47-53.
- Deno, J. (1995). The Relationship of Previous Experiences to Spatial Visualization Ability. *Engineering Design Graphics Journal*, 59(3), 5-17.
- Deshpande, A., & Samuel, H. H. (2009). Simulation Games in Engineering Education: A state of the art review. *Computer Applications in Engineering Education*, DOI 10.1002/cae.20323.
- Devon, R., Engle, R., Foster, R., Sathianathan, D., & Turner, G. (1994). The Effect of Solid Modeling Software on 3D Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 58 (2), 4-11.
- Dominguez Posada, R. (1994). 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, España.
- Dorval, M., & Pépin. (1986). Effect of Playing a Video Game on a Measure of Spatial Visualization. *Perceptual Motor Skills*, 62 (1), 159-162.
- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools. *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-Human Interaction*, (págs. 125-132). Christchurch, New Zealand.
- Eals, M., & Silverman, I. (1994). The Hunter-Gatherer Theory of Spatial Sex Differences: Proximate Factors Mediating the Female Advantage in Recall of Object Arrays. *Ethology & Sociobiology*, 15, 95-105.
- Egan, D. (1988). Individual Differences in Human-Computer-Interaction. En M. Helander (Ed.), *Handbook of human-computer-interaction* (págs. 543-568). Amsterdam: Elsevier.
- Elliot, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Ediciones Morata.
- Feng, J., & Spence, I. (2007). Playing an Action Video Game Reduces Gender Differences in Spatial Cognition. *Psychological Science*, 18 (10), 850-855.
- Ferguson, E. (1992). *Engineering and the Mind's Eye*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Fernández, A., Reina, R., Mateo, F., & Sánchez, J. (1998). Docencia de dibujo técnico a través de herramientas de animación asistida por ordenador. *X Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Málaga.
- Ferreiro, J., Sentana, E., Sentana, I., Tomás, J., & Díaz, M. (2001). Cambio metodológico en las clases de prácticas de las asignaturas de técnicas de expresión gráfica y geometría aplicada empleando técnicas de trabajo en grupo. *XIII Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Badajoz.
- Field, B. (1999). A course in Spatial Visualization. *Journal for Geometry and Graphics*, 3 (2), 201-209.
- Flórez, A., Rodríguez, E., & Alvarez, R. (2001). Sistema de apoyo al desarrollo de la Percepción Espacial basado en VRML. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Badajoz.
- Fodor, J. (1983). *La modularidad de la mente*. Madrid: Morata.
- Font Andreu, J. (2007). Impacto tecnológico del CAD en la docencia de la Expresión Gráfica en la Ingeniería. *Tesis Doctoral*. Universidad de Barcelona, España.
- Forsyth, A., & Lancy, D. (1987). Simulated Travel and Place Location Learning in a Computer Adventure Game. *Journal of Educational Computing Research*, 3, 377-394.

- French, T. (1913). The Educational side of Engineering Drawing. *Engineering Design Graphics Journal*, 40 (3), 32-35.
- Gagnon, D. (1985). Videogames and Spatial Skills: An Exploratory Study. *Educational Communication and Technology*, 33 (4), 263-275.
- Gallego, A., & Martínez, E. (2003). Estilos de aprendizaje y e-learning. Hacia un mayor rendimiento académico. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 7 (Febrero), 1-10.
- Galton, F. (1865). Hereditary talent and character. *Macmillan's Magazine*, 12, 157-166, 318-327.
- Galton, F. (1880). Statistics of mental imagery. *Mind*, 5, 301-318.
- Gamberini, L., Alcañiz, M., Barresi, G., Fabregat, M., Prontu, L., & Seraglia, B. (2008). Playing for a Real Bonus: Videogames to Empower Elderly People. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 1 (1), 37-47.
- García, M., Martín, G., Suárez, J., Pérez, J., & Suárez, F. (2002). S.A.D. (Sistema de apoyo al dibujo): Una herramienta integrada en la enseñanza de la expresión gráfica. *XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Santander.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1993). *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*. New York: Basic Books.
- Garmendia, M., Albusua, J., & Galarra, R. (2001). Influencia de la integración de un sistema multimedia en la mejora de la docencia en expresión gráfica. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Badajoz.
- Garmendia, M., Gisolola, J., & Gorozika, J. (2004). Enseñanza de la visualización de piezas como resolución de problemas. *XVI. - Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Zaragoza-Huesca.
- Gaughran, B. (1996). The Graphics Code, Visualisation and CAD. *The 6th International Conference FAIM 96 Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Atlanta, USA.
- Geary, D., & DeSoto, J. M. (2001). Sex Differences in Spatial Abilities among Adults from the United States and China: Implications for Evolutionary Theory. *Evolution and Cognition*, 7 (1), 172-177.
- Gee, J. (2006a). Cultural models: Do you want to be the blue sonic or the dark sonic? En *The game design reader: A rules of play Anthology* (págs. 228-267). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Gee, J. (2007). Good video games + good learning. En *Collected essays on video games, learning and literacy*. New York: Peter Lang.
- Gee, J. (2006b). Semiotic domains: Is playing video games a "waste of time"? En K. Salen, & E. Zimmerman, *The game design reader: A rules of play Anthology* (págs. 228-267). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Gerson, H., Sorby, S., Beberly, A., & Baartmans, J. (2001). The Development and Assessment of Multimedia Software for Improving 3-D Spatial Visualization Skills. *Journal Computer Application Engineering Education*, 9, 105-113.
- Gerson, H., Sorby, S., Wysocki, A., & Baartmans, B. (2001). The Development and Assessment of Multimedia Software for Improving 3-D Spatial Visualization Skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 9, 105-113.
- Gilmartin, P., & Patton, J. (1984). Comparing the Sexes on Spatial Abilities: Map-Use Skills. *Annals of the Association of American Geographers*, 74, 605-619.

- Gitter, G., & Glück, J. (1998). Differential Transfer of Learning: Effects of Instruction in Descriptive Geometry on Spatial Test Performance. *Journal Geometry and Graphics*, 2(1), 71-84.
- Glück, J., Machat, R., Jirasko, M., & Rollett, B. (2002). Training-related Changes in Solution Strategy in a Spatial Test: An Application of Item Response Models. *Learning and Individual Differences*, 2002.
- Goddard, H. H. (1912). *The Kallikak Family: A Study in the Heredity of Feeble-Mindedness*. New York: Macmillan.
- Goodman, C. (1943). Factorial analysis of Thurstone's seven primary abilities. *Psychometrika*, 8, 121-129.
- Gorska, R. (2005). Investigation of the Measures and Means for the Development of Spatial Skills. *The Journal of polist society for Geometry and Engineering Graphics*, 15, 35-38.
- Gorska, R., Sorby, S., & Leopold, C. (1998a). Gender differences in Visualization Skills – An International Perspective. *Engineering Design Graphics Journal*, 62, 9-18.
- Gorska, R., Sorby, S., & Leopold, C. (1998b). International Comparisons of Gender Differences in Spatial Visualization and the Effect of Graphics Instruction on the Development of these Skills. *Proceeding of the 8th International Conference of Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry (ICECGDG)*, (págs. 261-266). Austin, USA.
- Gottfredson, L. (1994). Mainstream Science on Intelligence. *Wall Street Journal - 13 December*. [Reprinted *INTELLIGENCE U(I) 13-23, 1997*], p A18.
- Gradinscak, Z., & Lewis, W. (1995). An Evaluation of Curriculum Changes in Engineering Graphics. *1995 International Conference on Design and Technology Educational Research and Curriculum Development*. Leicestershire, UK.
- Griffith, J., Voloschin, P., Gibb, G., & Bailey, J. (1983). Differences in eye-hand Motor Coordination of Video-game Users and non-Users. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 155-158.
- Guilford, J. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J., & Hoepfner, R. (1971). (1971). *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J., & Zimmerman, W. (1947). Some A.A.F. findings concerning aptitude factors. *Occupations*, 26, 154-159.
- Gutiérrez Nogueroles, A. (2005). A vueltas con el crédito europeo: Ventajas para el alumnado. *Publicacion web* . España: <http://www.educaweb.com/noticia/2005/04/25/vueltas-credito-europeo-sus-ventajas-alumnado-21739.html>.
- Güven, B., & Kosa, T. (2008). The Effect of Dynamic Geometry Software on Student Mathematics Teachers' Spatial Visualization Skills. *The Turkish On line Journal of Educational Technology*, 7(4), Article 11.
- Halpern, D., & LaMay, M. (2000). The smarter sex: A critical review of sex differences in intelligence. *Educational Psychology Review*, 12, 229-246.
- Hartley, R., & Zisserman, A. (2000). *Multiple View Geometry in computer vision*. Cambridge University Press.
- Hartman, N., Connolly, P., Gilger, J., Bertoline, G., & Heisler, J. (2006). Virtual Reality-Based Spatial Skills Assessment and its Role in Computer Graphics Education. *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques ACM SIGGRAPH 2006 Educators program*. Boston, Massachusetts.
- Hassler, M., Birbaumer, N., & Feil, A. (1985). Musical Talent and Visual-Spatial Abilities: A Longitudinal Study. *Psychology of Music*, 13, 99-113.

- Haydel, S. (2000). The Effects of Gender and Athletic Experience on Spatial Ability test Scores. *Unpublished master's thesis*, Loyola University.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A Dissociation between Mental Rotation and Perspective-taking Spatial Abilities. *Intelligence*, 32, 175-191.
- Hegarty, M., Montello, D., Richardson, A., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial Abilities at different Scales: Individual Differences in Aptitude-test Performance and Spatial-layout Learning. *Intelligence*, 34, 151-176.
- Hollyday-Darr, K., Blasko, D., & Dwyer, C. (2000). Improving Cognitive Visualization with a Web Based Interactive assessment and Training Program. *Engineering Design Graphics Journal*, 64 (1), 4-9.
- Isaac, A., & Marks, D. F. (1994). Individual differences in Mental Imagery Experience: Developmental Changes and Specialization. *British Journal of Psychology*, 85 (4), 479-500.
- James, K., Humphrey, G., & Vilis, T. (2002). "Active" and "Passive" Learning of Three-Dimensional Object Structure Within an Immersive Virtual Reality Environment. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 34 (3), 383-390.
- Jensen, J. (1986). The Impact of Computer Graphics on Education in Engineering Graphics. *Engineering Design Graphic Journal*, 50 (2).
- Jerz, R. (2002). Redesigning Engineering Graphics to include CAD and Sketching Exercises. *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Montreal, Canada.
- Jones, S., & Burnett, G. (2006). Give the girls a chance: should spatial skills training be incorporated into the curriculum? En J. Spector, *The Internet Society II: Advances in Education, Commerce & Governance*. Southampton, UK: WIT press.
- Kaufmann, H. (2002). Construct3D: An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education. *Proceeding of ACM Multimedia Conference 2002*, (págs. 656-657). Juan Les Pins, France.
- Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2005). General Training of Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 3, 65-76.
- Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2003). Improving Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality - Application and Evaluation Design. *Proceeding of the 2005 VRIC Laval Virtual*, (págs. 25-34). France.
- Keller, B., Wasburn-Moses, J., & Hart, E. (2002). Improving Students' Spatial Visualization Skills and Teachers' Pedagogical Content Knowledge by Using on-line Curriculum-embedded Applets: Overview of a Research and Development Project. <http://illuminations.nctm.org/downloads/IsoPaperV4.pdf> (Disponible 14 Octubre 2009).
- Kestenbaum, G., & Weinstein, L. (1985). Personality, Psychopathology, and Developmental Issues in Male Adolescent Video Game Use. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*, 24 (3), 329-337.
- Kinsey, B. (2003). Design of a CAD Integrated Physical Model Rotator. *2003 Annual Conference & Exposition Engineering Education*. Nashville, Tennessee: Disponible en www.ni.com/academic/journal_asee.htm (Consultado 14 Octubre 2009).
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, H. (2001). A Dissociation between Object Manipulation, Spatial Ability and Spatial Orientation Ability. *Memory & Cognition*, 29, 745-756.

- Lacasa, P., Martínez-Borda, R., Méndez, L., Cortés, S., & Checa, M. (2008). *Aprendiendo con los videojuegos comerciales. Un puente entre el ocio y educación*. Madrid: Universidad de Alcalá de Henares.
- Law, D., Pellegrino, J., & Hunt, E. (1993). Comparing the Tortoise and the Hare: Gender and Experience in Dynamic Spatial Reasoning Tasks. *Psychological Science*, 49, 35–40.
- Leach, J., & Matthews, R. (1992). Utilization of Solid Modeling in Engineering Graphics Courses. *Engineering Design Graphics Journal*, 56 (2), 5-10.
- LeClair, E. (2003). Alphasome--enhancing spatial reasoning. *Journal of College Science Teaching*, 33 (1), 26-31.
- Leopold, C. (2005). Geometry Education for Developing Spatial Visualisation Abilities of Engineering Students. *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, 15, 39-45.
- Leopold, C., Górska, R., & Sorby, S. (2001). International Experiences in Developing the Spatial Visualization Abilities of Engineering Students. *Journal for Geometry and Graphics*, 5, 81-91.
- Leopold, C., Sorby, S., & Gorska, R. (1996). Gender Differences in 3-D Visualization Skills of Engineering Students. *Proceedings of the 7th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*, (págs. 560-564). Poland.
- Levine, S C., Vasilyeva, M., Lourenco, S., Newcombe, N., Huttenlocher, J. (2005) Socioeconomic Status Modifies the Sex Difference in Spatial Skill, *Psychological Science*, 16 (11), 841-845
- Levy, J. (1974). Psychobiological Implications of Bilateral Asymmetry. En S. Dimond, & J. Beaumont (Edits.), *Hemisphere Function in Human Brain*. Nueva York: John Wiley.
- Linn, M., & Petersen, A. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1996). Spatial Ability and G. En I. Dennis, & P. Tapsfield (Edits.), *Human abilities: Their nature and assessment* (págs. 97-116). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lord, T. (1985). Enhancing the Visuo-Spatial Aptitude of Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (5), 395-405.
- Lowery, B., & Knirk, F. (1982). Micro-Computer Video Games and Spatial Visualization Acquisition. *Journal Educational Technology Systems*, 11 (2), 155-166.
- Lowrie, T. (1994). Developing Talented Children's Mathematical Ability through Visual and Spatial Learning Tasks. *Australian Association for Research in Education*, <http://www.aare.edu.au/92pap/lowrt92487.txt> (Disponible 14 Octubre 2009).
- Luehring, J., & Altman, J. (2000). Factors Contributing to Sex Differences in the Mental Rotation Task. *Psi Chi Journal*, 5, 35-39.
- Maier, P. (1999). *Räumliches Vorstellungsvermögen (Spatial Ability)*. Donauwörth: Auer.
- Maier, P. (1998). Spatial Geometry and Spatial Ability: How to Make Solid Geometry Solid? En E. Cohors-Fresenborg, K. Reiss, G. Toener, & H. Weigand (Edits.), *Selected papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics* (págs. 63–75). Osnabrück.
- Marqués, P. (2000). Las claves del éxito. *Cuadernos de Pedagogía*, 291, 55-58.
- Martín- Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students? *International Journal of Engineering Education*, 25 (6), 1194-1204.

Martin-Dorta, N., Martin-Gutierrez, J., Saorin, J., Contero, M., & Navarro, R. (2008b). Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería. *Actas XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Martin-Dorta, N., Saorin, J., & Contero, M. (2008a). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505-513.

Martin-Gutiérrez, J., Contero, M., Martín-Dorta, N., & Saorin, J. (2010). Applying Augmented Reality in Engineering Education. *Proceeding of the 8th International Conference on Education*, (págs. 1619-1626). Honolulu, Hawaii.

Martin-Gutierrez, J., Martin-Dorta, N., Saorin, J., Contero, M., & Navarro, R. (2008). Aplicaciones Web para el desarrollo de las habilidades espaciales. *Actas XX ongreso internacional de Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Massa, L., Mayer, R., & Bohon, L. (2005). Individual Differences in Gender Role Beliefs Influence Spatial Ability Test Performance. *Learning & Individual Differences*, 15(2), 99-111.

McGee, M. G. (1979). Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal, and Neurological Influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.

McKim, R. (1968). Visual Thinking and the Design Process. *Engineering Education*, 58(6), 795-799.

Medina, A., Gerson, H., & Sorby, S. (1998). Identifying Gender Differences in the 3-D Visualization Skills of Engineering Students in Brazil and in the United States. *Proceedings of the 1998 International Conference for Engineering Education*. Rio de Janeiro, Brasil.

Melgosa, C., Ramos, B., Baños, E., & García, E. (2009). Herramientas web para el desarrollo de la visión espacial y el seguimiento del aprendizaje. *Actas XXI Congreso internacional Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.

Miller, C. (1996). A Historical Review of Applied and Theoretical Spatial Visualization Publications in Engineering Graphics. *Engineering Design Graphics Journal*, 60(3), 12-33.

Miller, C. (1992). Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Models. *Engineering Design Graphics Journal*, 56(1), 27-38.

Miller, C. (1999). New Technologies for Engineering Graphics. *Proceeding of the 53rd Midyear Conference of the Engineering Design Graphics Division of the American Society for Engineering Education*. Columbus, OH.

Miller, C., & Bertoline, G. (1991). Spatial Visualization Research and Theories: Their Importance in the Development of an Engineering and Technical Design Graphics Curriculum Model. *Engineering Design Graphics Journal*, 55, 5-14.

Moè, A., Meneghetti, C., & Cadinu, M. (2009). Women and Mental Rotation: Incremental Theory and Spatial Strategy use Enhance Performance. *Personality and Individual Differences*, 46, 187-191.

Mohler, J. (2001). Using Interactive Multimedia Technologies to Improve Student Understanding of Spatially-Dependent Engineering Concepts. *11 th International Conference on Computer and Vision (GraphiCon'2001)*. Nizhny Novgorod, Russia.

Mondragón, S., Company, P., Vergara, M., Piquer, A., & Aleixos, N. (2003). Metodología específica para la enseñanza de la expresión gráfica. *XV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Napoli, Italia.

Mora, P., Palomo, F., García, M., & Marín, M. (2001). Módulo de AutoCAD orientado a la enseñanza de piezas. *XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería*. Badajoz.

Moreno Bayardo, M. (1998). El desarrollo de habilidades como objetivo educativo. Una aproximación conceptual. *Educar* (6), Publicación On Line, Disponible en: <http://educar.jalisco.gob.mx/06/6habilid.html>.

Németh, B. (2007). Measurement of the Development of Spatial Ability by Mental Cutting Test. *Annales Mathematicae et Informaticae*, 34, 123-128.

Németh, B., & Miklos, H. (2006). Gender Differences in Spatial Visualization Among Engineering Students. *Annales Mathematicae et Informaticae*, 33, 169-174.

Newcombe, N., & Huttenlocher, J. (2000). *Making Space: The Development of Spatial Representation and Reasoning*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Newcomer, J., Raudebaugh, R., McKell, E., & Kelley, D. (1999). Visualization, Freehand Drawing, Solid Modeling, and Design in Introductory Engineering Graphics. *The 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. San Juan, Puerto Rico: Disponible en <http://fie.engrng.pitt.edu/fie99/papers/1006.pdf> (Consultado 14 Octubre 2009).

Newlin, C. (1979). The Total Concept of Graphics and Design in the Engineering Curriculum. *Engineering Design Graphics Journal*, 43 (2), 21-22.

Newman, J. (2004). *Videogames*. London: Routledge.

NRCNA. (2006). Learning to think spatially. *The National Academies Press*.

Okagaki, L., & Frensch, P. A. (1994). Effects of Video Game Playing on Measures of Spatial Performance: Gender Effects in Late Adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15 (1), 33-58.

Olkun, S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, Disponible en www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/sinanolkun.pdf (Consultado 14 Octubre 2009).

Onyancha, R., Deroy, M., & Kinsey, B. (2009). 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*, 98 (2), 157-167.

Osborn, J., & Agogino, A. M. (1992). An interface for Interactive Spatial Reasoning and visualization. *Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM CHI-92*, (págs. 75-82).

Pellegrino, J., Alderton, D., & Shute, V. (1984). Understanding Spatial Ability. *Educational Psychologist*, 19 (3), 239-253.

Pérez Carrión, M., Serrano, M., Díaz, M., Tomás, R., & Sentana, I. (2002). El desarrollo de la percepción espacial en la formación de los alumnos de estudios técnicos universitarios. *XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Santander, España.

Pérez Carrión, T., & Serrano Cardona, M. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*. Alicante, España: Editorial Club Universitario ECU.

Potter, C., & Van der Merwe, E. (2003). Perception, Imagery, Visualization and Engineering Graphics. *European Journal of Engineering Education*, 28 (1), 117-133.

Potter, C., & Van der Merwe, E. (2001). Spatial Ability, Visual Imagery and Academic Performance in Engineering Graphics. *ICEE 2001 International Conference on Engineering Education*. Oslo, Norway.

- Prensky, M. (2003). Digital Game-Based Learning. *Computer in Entertainment*, 1(1), 21-25.
- Prieto, G., & Velasco, A. (2008). Entrenamiento de la visualización espacial mediante ejercicios informatizados de dibujo técnico. *Psicología Escolar e Educativa*, 12(2), 309-317.
- Prieto, G., Carro, J., Orgaz, B., & Pulido, R. (1993). Análisis cognitivo de un Test informatizado de visualización espacial. *Psicotherma*, 5(2), 293-301.
- Prieto, G., Velasco, A., Arias-Barahona, R., Anido, M., Núñez, A., & Cò, P. (2008). ¿Mejora la visualización espacial con el aprendizaje del dibujo técnico? *Revista Mexicana de Psicología*, 25(1), 175-182.
- Quaiser-Pohl, C., & Lehmann, W. (2002). Girls' Spatial Abilities: Charting the Contributions of Experiences and Attitudes in Different Academic Groups. *British Journal of Educational Psychology*, 72, 245-260.
- Rafi, A., & Samsudin, K. (2009). Practising Mental Rotation using Interactive Desktop Mental Rotation Trainer (iDeMRT). *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 889-900.
- Rafi, A., Anuar, K., Samad, A., Hayati, M., & Mahadzir, M. (2005). Improving Spatial Ability Using a Web-Based Virtual Environment (Wbve). *Automation in Construction*, 14(6), 707-715.
- Rafi, A., Samsudin, K., & Ismail, A. (2006). On Improving Spatial Ability through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction. *Educational Technology & Society*, 9(3), 149-159.
- Rafi, A., Samsudin, K., & Said, C. (2008). Training in Spatial Visualization: The Effects of Training Method and Gender. *Educational Technology & Society*, 11(3), 127-140.
- Ramos, B., García, E., Baños, E., & Melgosa, C. (2003). Aprendizaje innovador en la visualización de piezas y dispositivos, en la formación de dibujo técnico mediante aplicación hipermedia. *XV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Napoli, Italia.
- Ramos, B., García, E., Baños, E., Melgosa, D., & Sainz, E. (2001-02). Recurso web: Taller de mejora de la visión espacial. <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>.
- Ricci, K. (1994). The Use of Computer-Based Videogames in knowledge Acquisition and Retention. *Journal of Interactive Instruction Development*, 7(1), 17-23.
- Rilea, S. (2008). A Lateralization of Function Approach to Sex Differences in Spatial Ability: A Reexamination. *Brain and Cognition*, 67, 168-182.
- Robertson, J., & Howells, C. (2008). Computer Game Design: Opportunities for Successful Learning. *Computers & Education*, 50, 559-578.
- Robichaux, R. (2003). The Improvement of Spatial Visualization: A Case Study. *Journal of Integrative Psychology*, 4(2) Disponible en http://www.integrativepsychology.org/articles/vol2_article3.htm (Consultado 14 Octubre 2009).
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., y otros. (2003). Beyond Nintendo: Design and Assessment of Educational Video Games for First and Second Grade Students. *Computers & Education*, 40(1), 71-94.
- Roschelle, J., Pea, R., Hoadley, C., Gordin, D., & Means, B. (2001). Changing How and What Children Learn in School with Computer-Based Technologies. *The Future of Children*, 10(2), 76-101.
- Ruwei, Y., Xi, H., & Li, Y. (2006). The Experiment of Improving Students' Spatial Ability by Usins VGLS. En *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence* (Vol. 4282/2006, págs. 467-473). LNCS. Springer Berlin.

Samsudin, K., & Ismail, A. (2004). The Improvement of Mental Rotation through Computer Based Multimedia Tutor. *Malaysian Online Journal International Technology*, 1 (2), 24-34.

Sanchez Carlessi, H., & Reyes Romero, C. (2003). *Psicología del aprendizaje y la educación superior*. Santa Patricia: Vision Universitaria.

Saorín, J. (2006). Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Saorín, J. L., Contero, M., Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA. Ingeniería e industria*, 84 (9), 721-732.

Schultz, K., Huebner, J., Main, k., & Porhownik, N. (2003). Spatial Performance and Women's Persistence and Success in Science. *University of Winnipeg*, Disponible en <http://www.mun.ca/cwse/Schultz,Katherine.pdf> (Consultado 14 Octubre 2009).

Sexton, T. (1992). Effect on Spatial Visualization: Introducing Basic Engineering Graphics Concepts Using 3D CAD Technology. *Engineering Design Graphics Journal*, 56 (3), 36-43.

Shea, D., Lubinsk, D., & Benbow, C. (2001). Importance of Assessing Spatial Ability in Intellectually Talented Young Adolescents: A 20-year Longitudinal Study. *Journal of Educational Psychology*, 95 (3), 603-614.

Silverman, I., Choi, J., & Peters, M. (2007). The Hunter-Gatherer Theory of Sex Differences in Spatial Abilities: Data from 40 Countries. *Archives of Sexual Behavior*, 36, 261-268.

Silvern, S. (1985-86). Classroom Use of Video Games. *Educational Research Quarterly*, 10 (1), 10-16.

Sjölinder, M. (1998). Spatial cognition and environmental descriptions. Towards a Framework for Design and Evaluation of Navigation in Electronic Spaces. <http://www.sics.se/humle/projects/persona/web/persona.html> (disponible 14 Octubre 2009).

Smith, G. (2001). Interaction Evokes Reflection: Learning Efficiency in Spatial Visualization. *Interactive Multimedia: Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, Disponible en: <http://imej.wfu.edu/articles/2001/2/05/index.asp> (Consultado 14 Octubre 2009).

Smith, I. (1964). *Spatial ability-Its educational and social significance*. London: University of London Press.

Smith, S. (2003). A Design-Based engineering Graphics course for First-year Students. *Engineering Design Graphics Journal*, 67 (2), 33-42.

Sorby, S. (2001). A "New and Improved" Course for Developing Spatial Visualization Skills. *Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*. Albuquerque, New Mexico.

Sorby, S. (1999a). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63 (2), 21-32.

Sorby, S. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education*, 31 (3), 459-480.

Sorby, S. (1999b). Spatial Abilities and Their Relationship to Computer Aided Design Instruction. *Proceeding of the 1999 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Charlotte, NC; USA.

Sorby, S., & Barartmans, J. (1996). A Course for the Development of 3d Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 60 (1), 13-20.

Sorby, S., & Gorska, R. (1998). The Effect of Various Courses and Teaching Methods on the Improvement of Spatial Ability. *Proceeding of the 8th International Conference on Engineering Design Graphics and Descriptive Geometry*, (págs. 250-256). Austin, TX.

Sorby, S., Drummer, T., Hungwe, K., Parolini, L., & Molzan, R. (2006). Preparing for Engineering Studies: Improving the 3-D Spatial Skills of K-12 Students. *Proceeding of the 16th International conference on Engineering Education (ICCE2006)*, (págs. T3E-6). San Juan, PR, USA.

Sorby, S., Hamlin, A., & Veurink, N. (2008). Impact of Changes in Spatial Skills Training. *Proceeding of the 18th International Conference on Engineering Education (ICEE2008)*. Pécs-Budapest, Hungary.

Sorby, S., Wysocki, A., & Baartmans, B. (2003). *Introduction to 3D Spatial Visualization: an active approach*. Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning.

Spearman, C. (1904). "General Intelligence", objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.

Spearman, C. (1927). *The Abilities of Man, Their Nature and Measurement*. New York: Macmillan.

Stern, W. (1912). *The Psychological Methods of Intelligence Testing*. Baltimore: Warwick and York.

Strong, S., & Smith, R. (2002). Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics. *Journal of Industrial Technology*, 18(1), 1-5.

Stumpf, H. (1995). Gender Differences in Performances on Tests of Cognitives Abilities: Experimental Design Issues and Empirical Results. *Learning and Individual Differences*, 7(4), 275-287.

Stumpf, H., & Eliot, J. (1999). A Structural Analysis of Visual Spatial Ability in Academically Talented Students. *Learning and Individual Differences*, 11, 137-151.

Suarez, J., Rubio, R., Gallego, R., & Martin, S. (2004). Desarrollo de un entrenador para la percepcion espacial basado en realidad virtual mediante tecnologias de dominio publico. *Libro de actas del XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*. Barcelona, España.

Subrahmanyam, K., & Greenfield, P. (1994). Effect of Video Game Practice on Spatial Skills in Girls and Boys. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 13-32.

Sueoka, H., Shimizu, S., & Yokosawa, H. (2001). The Use of Internet Technology for the Development of 3-D Spatial Skills. *Proceeding of the 2nd International Conference in Information Technology Based Higher Education and Training*. Kumamoto, Japan.

Sun, X., & Suzuki, K. (1999). Evaluation of Educational Effects of the Solid Simulator. *Journal for Geometry and Graphics*, 3, 219-226.

Sutton, K., & Williams, A. (2008). Developing a Discipline-Based Measure of Visualisation. *2008 National UniServe Conference. Symposium Proceedings Visualisation and Concept Development*. Sydney, NSW.

Sutton, K., Heathcote, A., & Bore, M. (2007). Measuring 3D Understanding on the Web and in the Laboratory. *Behavior Research Methods*, 39(4), 926-939.

Tai, D., Yu, C., Lai, L., & Lin, S. (2003). A Study on the Effects of Spatial Ability in Promoting the Logical Thinking Abilities of Students with Regard to Programming Language. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2(2), 251-254.

Terlecki, M., & Newcombe, N. (2005). How Important is the Digital Divide? The Relation of Computer and Videogame Usage to Gender Differences in Mental Rotation Ability. *Sex Roles*, 53, 433-441.

- Terman, L. M. (1916). The measurement of intelligence (chapter 1). En *The uses of intelligence tests*. Boston: Houghton Mifflin.
- Thurstone, L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Thurstone, L. (1934). The Vectors of mind. *Psychological Review*, 41, 1-32.
- Thurstone, T. G. (1958). *Manual for the SRA Primary Mental Abilities*. Chicago: Science Research Associates.
- Torner Ribé, J. (2009). Desarrollo de habilidades espaciales en la docencia de Ingeniería Gráfica. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Tsutsumi, E., Schröcker, H., Weiss, H., & Stachel, H. (2005). Evaluation of Students' Spatial Abilities in Austria and Germany. *Journal for Geometry and Graphic*, 9(1), 107-117.
- Tsutsumi, E., Shiina, K., Suzuki, A., Yamanouchi, K., Takaaki, S., & Suzuki, K. (1999). A Mental Cutting Test on Female Students using a Stereographic System. *Journal for Geometry and Graphics*, 3, 111-119.
- Turos, J., & Ervin, A. (2000). Training and Gender Differences on a Web-Based Mental Rotation Task. *The Penn State Behrend Psychology Journal*, 4 (2), 3-12.
- Van der Wall, W. (1981). Increasing Understanding and Visualization Abilities using Three-Dimensional Models. *Engineering Design Graphics Journal*, 45 (2), 72-74.
- Vandenberg, S., & Kuse, A. (1978). Mental Rotations: A Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualisation. *Perceptual and Motor Skills*, 47 (6), 599-604.
- Vernon, P. E. (1950). *The structure of human abilities*. London: Methuen.
- Veurink, N., Hamlin, A., Kampe, J., Sorby, S., Blasko, D., Holliday-Darr, K., y otros. (2009). Enhancing Visualization Skills-Improving Options and Success (EnVISIONS) of Engineering and Technology Students. *Engineering Design Graphics Journal*, 73 (2), 1-17.
- Voyer, D., Nolan, C., & Voyer, S. (2000). The Relation Between Experience and Spatial Performance in Men and Women. *Sex Roles*, 43, 891-915.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. (1995). Magnitude of Sex Differences in Spatial Abilities: A Meta-Analysis and Consideration of Critical Variables. *Psychological Bulletin*, 117, 250-270.
- Walter, K., Roberts, A., & Brownlow, S. (2000). Spatial perception and mental rotation produce gender differences in cerebral hemovelocity: A TCD study. *Journal of Psychophysiology*, 14, 37-45.
- Wang, H., Chang, C., & Li, T. (2007). The Comparative Efficacy of 2D-versus 3D-based Media Design for Influencing Spatial Visualization Skills. *Computers in Human Behavior*, 23, 1943-1957.
- Weisman, S. (1983). Computer Games for the Frail Elderly. *The Gerontologist*, 23 (4), 361-363.
- Wiley, S. (1989). Advocating the Development of Visual Perception as a Dominant Goal of Technical Graphics Curricula. *Engineering Design Graphics Journal*, 53 (1), 1-12.
- Wiley, S. (1990). Computer Graphics and the Development of Visual Perception in Engineering Graphics Curricula. *Engineering Design Graphics Journal*, 54 (3), 30-35.
- You, J., Chuang, T., & Chen, W. (2008). Enhancing Students' Spatial Ability by Implementing a Digital Game. *Proceedings of the 16th International Conference on Computers in Education*, (págs. 693-694). Taipei, Taiwan.
- Zacks, J., Mires, J., Tversky, B., & Hazeltine, E. (2000). Mental Spatial Transformations of Objects and Perspective. *Spatial Cognition and Computation*, 2 (4), 315-332.

CAPÍTULO 3.

RECOPILACIÓN Y TIPIFICACIÓN DEL MATERIAL UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.

3.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se expone el proceso realizado para obtener los materiales didácticos que pudieran servir para desarrollar las habilidades espaciales. El trabajo de campo de esta tesis ha sido impartir varios cursos de formación de corta duración (tabla 3.1) y en cada uno de ellos se han utilizado distintos materiales docentes y estrategias para desarrollar la HE. En función del tipo de curso, el material docente contiene una tipología de ejercicios determinada, obtenida a partir de la revisión bibliográfica del capítulo 2, además se proponen nuevos tipos de ejercicios.

Cursos de formación con videojuegos	Cursos de formación con contenidos de Expresión Gráfica
- Curso utilizando videojuegos en plataforma Pc - Curso utilizando videojuegos en plataforma Nintendo DS	- Curso utilizando Ejercicios tradicionales de asignaturas de Expresión Gráfica. - Adaptación de actividades para el desarrollo de la HE en un curso basado en Realidad Aumentada. - Curso utilizando contenidos de Sistema Diédrico por metodología tradicional. - Curso utilizando contenidos de Sistema Diédrico con apoyo de un visualizador 3D.

Tabla 3. 1 Cursos realizados en esta tesis.

- Para los cursos basados en videojuegos se realizó una recopilación de videojuegos que contienen componentes geométricas y que requieren la realización de operaciones espaciales mentales.
- Para los cursos basados en ejercicios de contenidos de asignaturas de Expresión Gráfica, se realiza una recopilación de ejercicios utilizados en la actividad docente de la asignatura y se clasifican para crear una taxonomía de dichos ejercicios. Con ellos se crea el material docente para impartir los cursos con contenidos de Expresión Gráfica.

Para realizar ésta selección de ejercicios y crear una taxonomía, se procede de la siguiente forma:

- a. Conocer cuáles son las tareas mentales que se trabajan en las componentes de la habilidad espacial y se reflejan en los test de medición espaciales. Estas tareas tienen asociadas unos procesos mentales que debe realizar un individuo para desarrollar su visión espacial.
- b. Identificar ejercicios utilizados en Expresión Gráfica en los que se realicen dichas tareas mentales.
- c. Clasificar los ejercicios en función de las tareas que desarrollan.
- d. Identificar tipología de ejercicios en función del tipo de problema a resolver.
- e. El entrenamiento del curso, se basa en una selección de varios tipos de ejercicios, de forma que queden cubiertas todas las tareas mentales definidas en apartado (a).

No se van a considerar cuales son procesos mentales que una persona tiene que realizar para desarrollar su habilidad espacial, pero si se dispone de ejercicios de EG en los que se trabajan las tareas relacionadas con las subcomponentes de la habilidad espacial (rotaciones mentales, relaciones entre objetos, relaciones espaciales, orientaciones en el espacio...), posiblemente se están entrenando esos procesos mentales y en consecuencia mejorando la capacidad espacial.

La siguiente figura muestra el proceso de selección de ejercicios de Expresión Gráfica que se utilizarán para realizar un entrenamiento de HE.

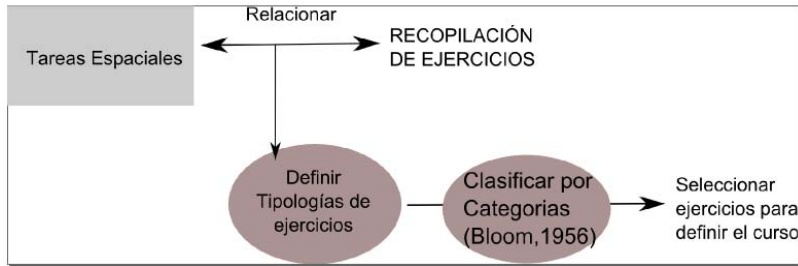


Fig. 3. 1 Esquema de trabajo para establecer tipología ejercicios.

3.2. DEFINICIÓN DE TAREAS ESPACIALES.

Stumpf & Eliot (1999), realizaron un análisis en el que establecieron correlaciones entre 14 test espaciales. La base del estudio fue obtener los tipos de tareas utilizadas en los test que miden el factor espacial y de este estudio se desprende que: los test espaciales de 2-dimensiones contienen tareas simples como copiar figuras, girar una figura, similitudes, realizar laberintos, puzles y tareas de memoria visual y los test espaciales de 3-dimensiones requieren tareas más complejas como rotación de figuras en varios pasos y direcciones, y desarrollo de volúmenes (superficies).

Los autores establecen tres conjuntos de tareas bien diferenciados:

- *Tareas de rotación mental en 3d.* En los que se diferencian dos tipos de tareas de rotación y ejercicios de perspectivas. Tipos de tareas: *puzles, rotación de figuras, rotación de bloques, perspectivas.*
- *Tareas de intersección y tareas con bloques.* Tipos de tareas: *Bloque, Intersección.*
- *Tareas mentales de plegado de papel, de reconocimiento de piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras, ensamblaje de piezas y desarrollo de superficies.* Tipos de tareas: *plegado y desplegado de piezas, ensamblajes, desarrollo de superficies.*

La tabla 3.2, proporciona una breve descripción de los tipos de tareas que se realizan en los test que miden el factor espacial, según Stumpf & Eliot.

TAREA	DESCRIPCION
Puzles	Se combinan mentalmente las partes de una figura para completar una figura entera
Rotación de figuras	Dadas varias figuras, al rotarlas mentalmente, una de ellas coincide con la figura modelo.
Bloque	Identificar el número de bloques, formas de bloque, caras de bloque o intersección de bloques sobre una pila de bloques.
Intersección	Identificar la intersección de dos objetos o de un objeto con un plano.
Rotación de bloques	Dados varios bloques, al rotarlos mentalmente, uno de ellos coincide con el bloque modelo.
Plegado y desplegado de piezas	Dado un volumen, se muestran varias posibilidades de desarrollo o desplegado del volumen.
Emsamblajes	Reconstruir un conjunto geométrico determinado utilizando bloques con formas geométricas
Desarrollo de superficies	Imaginar cómo un objeto tridimensional puede ser plegado para formar una determinada figura tridimensional.
Perspectivas	Predecir un objeto desde una perspectiva diferente de la proporcionada.

Tabla 3. 2 Tipos de tareas complejas según Stumpf y Eliot (1999)

3.3 ESTABLECIMIENTO DE CATEGORÍAS. TAXONOMÍA COGNITIVA DE BLOOM.

El aprendizaje y desarrollo de las habilidades debe ser continua y realizarse comenzando con procesos en niveles inferiores e ir avanzando a niveles superiores. El propósito que se persigue es guiar el proceso de enseñanza y el desarrollo de habilidades incluyendo la evaluación del progreso que realiza el estudiante. Una forma útil de conseguir los propósitos y los objetivos es referenciándolos con una taxonomía de objetivos que clasifica y ordena el aprendizaje, facilitando la acción planificadora de los docentes. Aunque existen varias taxonomías, en este trabajo se utiliza la Taxonomía de objetivos de la educación, también conocida como Taxonomía de Bloom (Bloom, 1956). La idea central de esta taxonomía es obtener respuesta a qué quieren los docentes que sus alumnos aprendan, es decir, cuáles son los objetivos educacionales.

El psicólogo Benjamín Bloom, desarrolló su taxonomía de objetivos educativos y se ha convertido en herramienta clave para estructurar y comprender el proceso de aprendizaje. En ella propuso que el aprendizaje encaja en los tres dominios psicológicos:

- **Dominio Afectivo.** El modo como las personas reaccionan emocionalmente, su habilidad para sentir el dolor o la alegría por otro ser vivo. Los objetivos afectivos apuntan al crecimiento en actitudes, emociones y sentimientos.
- **Dominio Psicomotor.** La pericia para manipular físicamente una herramienta o instrumento. Los objetivos psicomotores apuntan al cambio desarrollado en la conducta o habilidades.
- **Dominio Cognitivo.** Es la habilidad de pensar en las cosas. Los objetivos cognitivos giran en torno a procesar información, dotar de conocimientos y desarrollar las habilidades mentales

La Taxonomía de Bloom y la Taxonomía Revisada de Bloom (Anderson & Krathwohl, 2001) son herramientas clave para los docentes y los encargados del diseño y mejora de capacidades.

Se trata de una taxonomía jerárquica, es decir, asume que el aprendizaje a niveles superiores depende de la adquisición del conocimiento y de habilidades en ciertos niveles inferiores. Puede entenderse como “el desarrollo de los objetivos del proceso de aprendizaje”, esto quiere decir que después de realizar un proceso de aprendizaje, el estudiante debe haber adquirido nuevas habilidades y conocimientos.

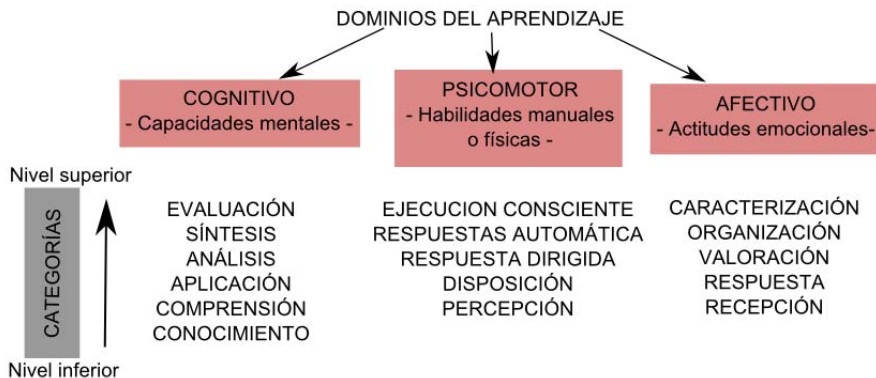


Fig 3. 2 Dominios del aprendizaje. Segun Bloom (1956).

La **taxonomía cognitiva** se basa en la idea de que las operaciones cognitivas pueden clasificarse en seis niveles de complejidad creciente. Lo que tiene de taxonómico esta teoría, es que cada nivel depende de la capacidad del alumno para desempeñarse en el nivel o los niveles precedentes. Por ejemplo, la capacidad de evaluar – el nivel más alto de la taxonomía cognitiva – se basa en el supuesto de que el estudiante, para ser capaz de evaluar, tiene que disponer de la información necesaria, comprender esa información, ser capaz de aplicarla, de analizarla, de sintetizarla y, finalmente, de evaluarla. La taxonomía no es un mero esquema de clasificación, sino un intento de ordenar jerárquicamente los procesos cognitivos.



Una persona no puede entender un concepto si primero no lo recuerda y de manera similar, no puede aplicar conocimientos y conceptos si no los entiende.

La propuesta es un continuo que parte de Habilidades de Pensamiento de Orden Inferior y va hacia Habilidades de Pensamiento de Orden Superior. Bloom describe cada categoría como un sustantivo y las organiza en orden ascendente, de inferior a superior (**Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación**). Cada una de estas categorías tiene un número de sustantivos clave asociados a ellas.

La **Taxonomía Revisada de Bloom** (Anderson & Krathwohl, 2001) utiliza verbos en lugar de sustantivos para cada categoría, propone un cambio en la secuencia de las Categorías y considera la creatividad (síntesis) como superior a la evaluación dentro del dominio cognitivo.



Cada una de las categorías o elementos taxonómicos tiene un número de verbos clave, asociados a ella.

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, deconstruir, atribuir, delinear, encontrar, estructurar, integrar.

Evaluar – Revisar, formular hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear.

Crear – Diseñar, construir, planear, producir, idear, trazar, elaborar.

Cuando los educadores elaboran el diseño de los cursos han de tener en cuenta estos niveles y, mediante las diferentes actividades, ir avanzando progresivamente de nivel hasta llegar a los más altos.



Fig 3. 3 La rueda de Bloom. Taxonomía cognitiva. Obtenido en <http://pragmaticful.blogspot.com/2009/08/verbos-basado-en-taxonomia-de-bloom.html>

En el siguiente cuadro se definen cada una de las categorías de la taxonomía de Bloom y los verbos relacionados para desarrollarlas.

Categoría	Definición	Verbos relacionados
Conocimiento	Se refiere a recordar información previamente aprendida. Reconocer informaciones, ideas, hechos, fechas, nombres, símbolos, definiciones, etc., de una manera aproximada a como se han aprendido.	Escribir, describir, numerar, identificar, etiquetar, leer, reproducir, seleccionar, hacer listas, hacer carteles, nombrar, decir, definir...
Comprensión	Quiere decir entender lo que se ha aprendido. Se demuestra cuando se presenta la información de otra manera, se transforma, se buscan relaciones o se asocia a otro hecho.	Clasificar, citar, convertir, describir, discutir, estimar, explicar, generalizar, dar ejemplos, exponer, resumir, ilustrar, parafrasear...
Aplicación	El alumno selecciona, transfiere y utiliza datos y leyes para completar un problema o tarea con un mínimo de supervisión. Utiliza lo que ha aprendido. Aplica las habilidades adquiridas a nuevas situaciones que se le presentan. Utiliza la información que ha recibido en situaciones nuevas y concretas para resolver problemas.	Usar, recoger, calcular, construir, controlar, determinar, establecer, incluir, producir, proyectar, proporcionar, relacionar, solucionar, transferir, aplicar, resolver, utilizar, demostrar, informar, aplicar, concretar, relatar, contribuir, administrar...
Análisis	El alumno distingue, clasifica y relaciona evidencias o estructuras de un hecho o de una pregunta, se hace preguntas, elabora hipótesis. Descompone el todo en sus partes y puede solucionar problemas a partir del conocimiento adquirido (razona). Intenta entender la estructura de la organización del material informativo examinando las partes de las que se compone. La información que obtiene le sirve para desarrollar conclusiones divergentes. Identifica motivos y causas haciendo inferencias y/o halla evidencias que corroboran sus generalizaciones.	Analizar, discriminar, categorizar, distinguir, comparar, ilustrar, contrastar, precisar, separar, limitar, priorizar, subdividir, construir diagramas...

Síntesis	El alumno crea, integra, combina ideas, planea, propone nuevas maneras de hacer. Crea aplicando el conocimiento y las habilidades anteriores para producir algo nuevo o original. Se adapta, prevé, se anticipa, categoriza, colabora, se comunica, compara ...	Crear, adaptar, anticipar, planear, categorizar, elaborar hipótesis, inventar, combinar, desarrollar, comparar, comunicar, compilar, componer, contrastar, expresar, formular, integrar, codificar, reconstruir, reorganizar, revisar, estructurar, sustituir, validar, facilitar, generar, incorporar, iniciar, reforzar...
Evaluación	Emitir juicios sobre la base de criterios preestablecidos. Emitir juicios respecto al valor de un producto según las propias opiniones personales a partir de unos objetivos determinados.	Valorar, comparar, contrastar, concluir, criticar, decidir, definir, interpretar, juzgar, justificar, ayudar...

3.4 RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE VIDEOJUEGOS EN RELACIÓN AL DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL.

3.4.1 Recopilación de videojuegos para jugar en plataforma PC.

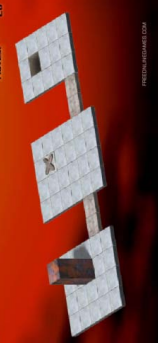
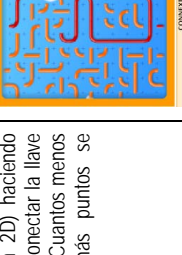
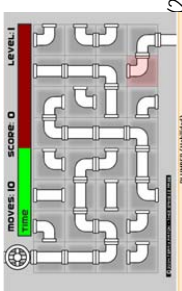
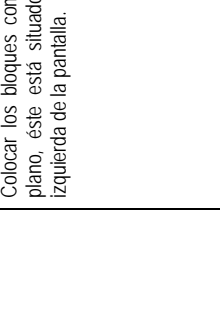
Son numerosas las páginas disponibles en internet que tienen disponibles juegos para ordenadores personales (PC). Igual de numerosos son los juegos en los que el usuario tiene que realizar algunas de las tareas mencionadas en el apartado anterior (rotación de figuras planas, similitud de figuras, puzles, rotación de bloques, ensamblajes,...) y podrían servir para desarrollar la habilidad espacial.


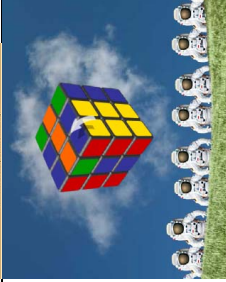

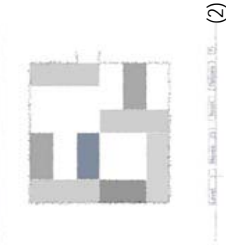
Normalmente las páginas web de videojuegos, son centros de recopilación de juegos, a los que se accede mediante un hipervínculo al servidor donde el autor del juego lo tiene alojado. Algunas de las páginas de videojuegos consultadas y que ofrecen mayores garantías de proporcionar realmente lo que ofrecen son:

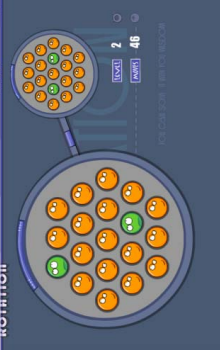
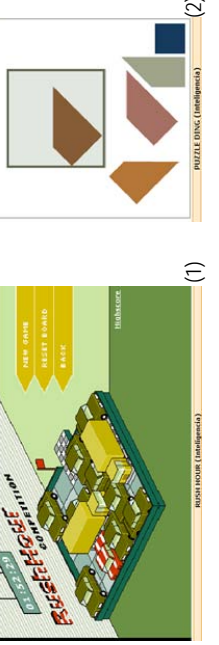
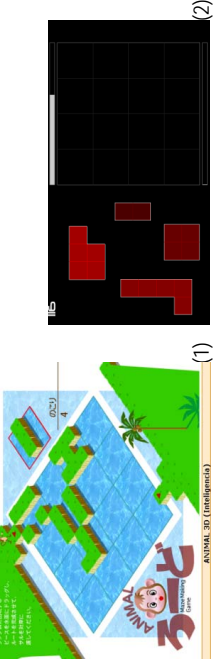
www.videojuegos.com	www.jugar.com
http://www.addictinggames.com/	www.publijuegos.com
www.jugar.net	www.grandesjuegos.com
www.jocjuegos.com	http://juegos.juegofanatico.cl/

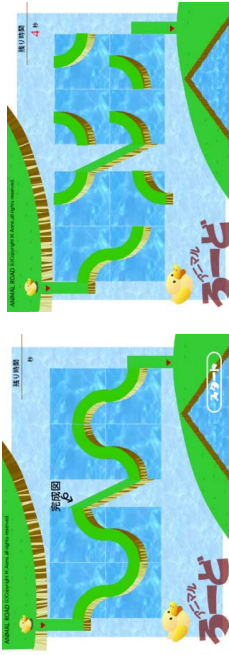

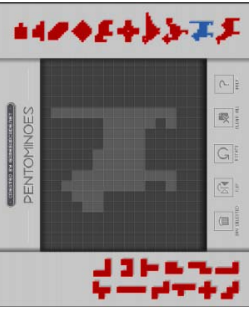
Los juegos suelen estar clasificados por categorías. En el informe "Jóvenes y Videojuegos" (Rodríguez & Megías, 2002), se establecen una serie de categorías de videojuegos: plataforma, simuladores, acción, habilidad, inteligencia, la práctica de algún deporte, deportivos estrategia, la estrategia no deportivos, de motor, tiro, lucha, aventura gráfica y juegos de arcade. Las plataformas web de videojuegos pueden tener su propia clasificación. Las categorías consultadas en web han sido los juegos de **habilidad, inteligencia, puzles y lógica**.

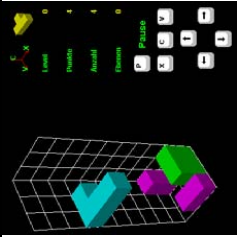
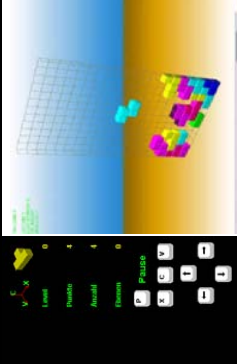
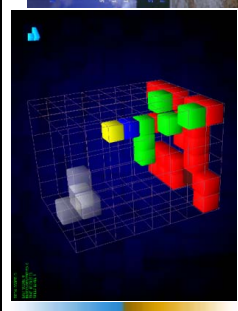
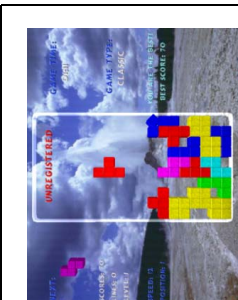
A continuación se muestra una selección de juegos disponibles en internet para utilizar en PC y relacionados con las tareas espaciales marcadas en el apartado anterior. Estos juegos han sido seleccionados por su utilidad en un posible curso programado para mejorar capacidad espacial.

Tipo de Tarea espacial que hay que realizar	Nombre del Videojuego	Descripción	Imagen
Rotación de bloques	Bloxors**	Mueve el bloque haciendolo girar hasta conseguir hacerlo caer por el agujero.	
Rotación de figuras.	Plumber // Connexions**	(1 y 2) Rotar las tuberías (en 2D) haciendo click sobre ellas con el fin de conectar la llave de paso con la tubería inferior. Cuantos menos movimientos se necesiten, más puntos se consiguen.	 
Bloques perspectivas	Stackopolis**	Colocar los bloques como se te indica en el plano, éste está situado en la parte inferior izquierda de la pantalla.	

Tipo de Tarea espacial que hay que realizar	Nombre del Videojuego	Descripción	Imagen
Bloque	Nombre: Stackle**	Apilar tantos bloques en la parte superior de la Torre como se pueda sin hacer que toda la Torre se derrumbe	
Rotaciones	Nombre: Evilcube - Cubo de Rubik.*	Rotar las filas de este Cubo de Rubik virtual hasta conseguir que todas sus caras tengan un único color.	
Puzzle	Faraon* Gridlock*	(1) Mover piezas hasta hacer salir habituaculo la figura roja utilizando el mínimo de movimientos posibles. (2) Mover piezas hasta sacar la pieza azul oscura.	 

Tipo de Tarea espacial que hay que realizar	Nombre del Videojuego	Descripción	Imagen
Rotación	Rotation*	<p>Conseguir que las dos caras de color verde tengan la misma posición que la muestra. Realizando click en una cara, se mueven girando en sentido de las agujas del reloj todas las caras que están alrededor de la que has hecho click.</p>	
Puzle	Rush Hour** Puzzle Ding**	<p>(1) El objetivo es sacar el coche rojo del garage lo más rápido que puedas. Para ello hay que desplazar los vehículos embotellados en ese espacio arrastrándolos con el ratón. (2) Completar el puzle con tan sólo cinco piezas. Pula la tecla mayúsculas (shift) y haz click en la pieza para girarla</p>	
Puzle	El mono* PuzzleCrazy*	<p>(1) Colocar las figuras para que el animal pueda caminar y cruzar toda la piscina. (2) Completar todo el cuadrado con las piezas que se proporcionan</p>	

Tipo de Tarea espacial que hay que realizar	Nombre del Videojuego	Descripción	Imagen
Rotación de figuras Puzzle.	EL_Pato*	Girar las piezas para que el animal pueda cruzar. Al pulsar sobre una de las figuras, giran todas las que están alrededor.	
Perspectiva.	Isometric Sokoban.**	Perspectiva isométrica. Desplaza las gemas de los laberintos hasta los lugares indicados	
Rotación figuras y puzzles.	Figuras-Pentominos.*	Elige una forma y con la piezas propuestas realizar el puzzle.	

Tipo de Tarea espacial que hay que realizar	Nombre del Videojuego	Imagen			
Rotación bloques Traslación Puzles Perspectivas Emsamblaje	Tetris***				

* . (Disponible en www.publuegos.com/flash)

**.(Disponible en www.videojuegos.com)




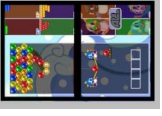

***.(Disponible en www.terminalstudio.com y <http://www.xdgames.com/games/3dblocks>)







3.4.2 Recopilación de videojuegos para jugar en plataforma Nintendo DS.

En el momento de realizar este estudio -Mayo 2007-, la plataforma Nintendo DS Lite llevaba menos de un año en el mercado (Nintendo DS Lite salió al mercado Europeo el 23 de junio de 2006). El número de videojuegos disponibles para esta plataforma era escaso, en concreto para la categoría de puzle tenía disponible 40 videojuegos, y podían ser consultados en la página oficial de nintendo (www.nintendo.com/channel/ds).


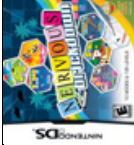



Actualmente -Noviembre 2009- se ha consultado de nuevo los videojuegos disponibles, y hay un total de 1046 juegos, de los cuales 144 están clasificados en la categoría puzles.




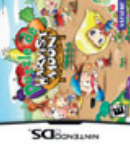

En las siguientes páginas se recopila información y selección sobre los videojuegos disponibles para utilizar con Nintendo DS, en Mayo de 2007. Se indica si el modo de juego está relacionado con las tareas espaciales marcadas en el apartado 3.2.




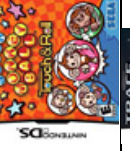

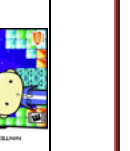
Nombre	Fecha lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (sí/no) Motivo
Animal Genius	Sep. 2007	Activision		Agilidad mental y reflejos. Hay que pensar como si fueras un animal determinado para desenvolverse en cinco áreas geográficas/habitat de animales	Rotación figuras	NO. Infantil-proporciona la realización de tareas muy simples.
Brain Buster Puzzle Pack	Anunciado	AgeTec		Puzles tradicionales. Contiene un conjunto de juegos que calificados como desafíos mentales de origen japoneses, del mismo estilo que el Sudoku y el Kakuro.	Rotación figuras	NO. Juegos de habilidad numérica y puzles de figuras.
Break'em All	Jun 21, 2006	D3Publisher of América		Se desplaza a izq. y dcha. el cursor inferior para que rebote una pelota, que choca contra las columnas superiores para eliminarlas.	---	NO. Juego de habilidad visual.
Bus-a-Move DS	Dic 13, 2005	Majesco Sales Inc.		Se trata de un puzle donde hay que alinear burbujas del mismo color, que hay que dispararlas controlando su dirección, y agruparlas en grupos de tres, o más, y así se eliminan, hasta que no quede ninguna en la pantalla.	Ensamblaje	NO No proporciona suficientes tareas mentales
Chameleon	Jul 24, 2007	UFO		Se trata de un puzle donde hay que alinear burbujas del mismo color, hasta colocar 4 o más que comparten un lado, y se eliminan, hasta que no quede ninguna en la pantalla	Ensamblaje	NO No proporciona suficientes tareas mentales



Nombre	Fecha lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (sí/no) Motivo
Cookie & Cream	Jun 26, 2007	Agetec		Realizar puzzles de figuras	Puzles de figuras	NO Infantil-tareas muy simples.
Diner Dash: Sizzle and Serve	May 2007	Eidos Interactive		Realizar puzzles de figuras	Puzles de figuras	NO Infantil-tareas muy simples.
Gumpey	Nov 14, 2006	NAMCO BANDAI Games América Inc.		Realizar puzzles, en un espacio de cinco columnas divididas en cuadrados y sobre las que hay que conectar líneas de distintas maneras.	Ensamblaje	NO Infantil-tareas simples
Honeycomb Beat	Mar 2007	Hudson Entertainment, Inc.		Puzle de paneles de abeja de colores	Ensamblaje	NO Tareas simples.
Jenga	03 2007	Atari		Quitar bloques que están apilados consiguiendo que no se caigan los demás.	Intersección	NO Se requiere intuición solamente trabaja una tarea.
Jewel Quest Expeditions	Sep. 2007	Activision		Juego de puzle en el que hay que unir joyas del mismo color. Cada vez que 3 o más joyas iguales se unan, las baldosas que se encuentren debajo de ellas se transformarán en oro. Conseguir todas las baldosas doradas hace pasar de nivel.	Puzle 2D. (traslación)	NO Tareas simples

Nombre	Fecha lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (si/no) Motivo
Konductra	Oct 2006	O3 Entertainment		Crear y destruir las líneas de azulejos de colores	--	NO.
Labyrinth	03 2007	UFO	No disponible hasta Octubre 2007	Realizar laberintos en 2D.	--	NO. Es un juego que requiere orientación.
Magnetica	Jun 05, 2006	Nintendo			--	NO No requiere tareas espaciales.
Mario vs. Donkey Kong 2: March of the Minis	Sep. 25, 2006	Nintendo		Mover muñeco por un plano 2D recorriendo un circuito para recoger figuras que proporcionan puntos.	Orientation figuras	NO No requiere tareas espaciales.
Master Jin Jin IQ Challenge	Agosto 2007	Valcon Games		Ordenar imagen Hacer que el patrón de muestra Encontrar la forma oculta Realizar un laberinto	-puzles -rotación figuras -ensamblaje	SI Puede servir para entrenar HE. Requiere varias tareas espaciales.
Meteos	Jun 27, 2005	Nintendo		Crear y destruir líneas de mismo color.	-puzles	NO Tareas espaciales simples
Meteos: Disney Magic			No disponible	Crear y destruir líneas de mismo color	-puzles	NO Tareas espaciales simples

Nombre	Fecha lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (sí/no) Motivo
Mr. DRILLER: Drill Spirits	Nov 29, 2004	Namco		Habilidad para recoger piezas que caen "del cielo"	--	NO No requiere tareas espaciales.
Nervous Brickdown	Jun 29, 2007			Juegos arcade para coordinación de movimientos y habilidad visual	--	NO No requiere tareas espaciales.
Planet Puzzle League	Jun 04, 2007	Nintendo		Contiene varios bloques de colores en el campo de juego y un cursor que controlaremos. Debemos poner el cursor en los bloques y moverlos a izquierda o derecha. Una vez juntos tres o más bloques del mismo color, éstos desaparecerán.	Puzle figuras	NO. Tareas espaciales simples.
Pogo Island	Mar 27, 2007	Electronic Arts		Juegos arcade de coordinación de movimientos y habilidad visual	--	NO. Tareas espaciales simples.
Pokémon Trozei	Mar 06, 2006	Nintendo		Puzles y entretenimiento para niños	--	NO Infantil.

Nombre	Fecha lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (sí/no) Motivo
Polarium	Abr 18, 2005	Nintendo		Polarium es un rompecabezas en el que utilizas el lápiz táctil para dibujar una línea e invertir ladrillos blancos y negros, algo sencillo a priori para los acostumbrados para a juegos como el Tetris	--	NO No requiere habilidad espacial.
Professor Layton and the Curious Village	Dic 03, 2007	Nintendo		Puzles infantiles.	--	NO Es un juego infantil
Puyo Pop Fever	Apr 26, 2005	Altus		Puzles infantiles.	--	NO Es un juego infantil
Puzzle de Harvest Moon	Q4 2007	Natsume		Puzles infantiles.	--	NO Es un juego infantil
Puzzle Quest: Challenge of the Warriors	Mar 20, 2007	D3Publisher of América		Puzles infantiles.	--	NO Es un juego infantil
QuickSpot	Mar 13, 2007	NAMCO BANDAI Games América Inc.		Dibuja un círculo alrededor de lo que es diferente entre dos imágenes aparentemente idénticas. Encontrar múltiples diferencias	Rotación figuras	NO Es un juego con pocas tareas espaciales –muy limitado.

Nombre	Fecha lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (si/no) Motivo
Sudoku Gridmaster	Jun 26, 2006	Nintendo		Pasatiempos- habilidad numérica	--	NO No requiere tareas espaciales
Sudoku Mania	Jun 30, 2006	UFO		Pasatiempos- habilidad numérica	--	NO No requiere tareas espaciales
Tetris DS	Mar 20, 2006	Nintendo		Varias figuras geométricas, deben enlazarse realizando desplazamientos, rotaciones, para ensamblar y eliminar líneas que se vayan completando. Tiene distintos modos de juegos, que incluye puzles, intersecciones...	-Rotación fig. -Rotación bloq. -Intersección -Ensamblaje -puzles	SI Requiere realizar varias tareas espaciales.
Toon-Doku	Abr 2007	Majesco Sales Inc.		Puzle infantil. Requiere memorizar.	--	NO No requiere tareas espaciales.
Touch Detective	Oct 2007	Allus		Puzle infantil. Requiere memorizar.	--	NO No requiere tareas espaciales.
Trace Memory	Sep. 26, 2005	Nintendo		Puzle infantil. Requiere memorizar.	--	NO No requiere tareas espaciales.
Trioncube	Feb 20, 2007	NAMCO BANDAI Games America Inc.		Puzle infantil.	--	NO tareas espaciales muy sencillas.

Nombre	Fecha Lanzamiento	Empresa	Imagen	Descripción	TAREA	Selección (sí/no) Motivo
Ultimate Mortal Kombat	Nov 2007	Midway Home Entertainment	No disponible hasta Noviembre de 2007			
Ultimate Puzzle Games: Sudoku Edition	Jul 2007			Pasatiempos- habilidad numérica	--	NO No requiere tareas espaciales
Zendoku	Jun 2007	Eidos Interactive		Pasatiempos- habilidad numérica	--	NO No requiere tareas espaciales
Zoo Keeper	Ene 31, 2005	Ignition		Parecido a un tetris, pero las piezas son animales. El objetivo será eliminar tantas piezas como sea necesario para superar el nivel. Consiguiendo que tres o más acaben juntas se eliminan las piezas. Menos juegos	Rotación figuras ensamblaje	NO Tiene una apariencia muy infantil.

3.4.3 Elección de videojuegos para realizar la experiencia.

Se realizarán dos cursos basados en videojuegos, en un curso, un grupo de estudiantes utilizarán la plataforma PC y en otro curso, otro grupo de estudiantes utilizarán la plataforma Nintendo DS. El videojuego que se utilizará en cada uno de los cursos debe cumplir las siguientes condiciones:

- Debe ser un juego que contenga formas geométricas o figuras.
- Debe permitir realizar operaciones de girar y mover figuras.
- Las tareas espaciales que hay que realizar en el juego estarán relacionadas con las dos componentes de la capacidad espacial: las relaciones espaciales o la visualización espacial.
- El mismo videojuego debe tener versión en las dos plataformas: PC y Nintendo DS.
- Posibilidad de utilizar el lápiz táctil sobre la plataforma de Nintendo DS.

En la plataforma Nintendo DS, no hay mucha variedad de videojuegos en los que haya tareas espaciales que realizar. En la categoría de habilidades – puzzles, los videojuegos disponibles continen una única tarea espacial o tareas muy sencillas. En la mayoría de los casos los videojuegos están enfocados a un público infantil, por eso que las tareas espaciales sean muy sencillas. Solamente hay dos videojuegos en los que se han identificados varias tareas espaciales:

- Tetris DS
- Master Jin Jin IQ Challenge

En plataforma PC hay numerosos juegos que cumplen los requisitos marcados. Algunos de estos son muy interesantes desde el punto de vista de las habilidades espaciales, ya que requieren realizar operaciones mentales de rotación: Bloxors, Connexions, Evilcube, Rotación, Pato, Figuras, Faraón, Tetris...

La videoconsola Nintendo DS, restringe la elección del videojuego, de forma que el único juego disponible en las dos plataformas y que reúne todos los requisitos antes mencionados es "Tetris". Consultados los nuevos juegos disponibles en la categoría puzzles (noviembre 2009), no hay juegos interesantes que pudieran utilizarse en lugar de Tetris.

Para PC, se optó por las versiones de libre distribución del juego Tetris disponibles en Internet, en particular, fueron elegidos "Tetris Arena-Revolución"¹ y "3D-Tetris"² y para la videoconsola Nintendo DS, está disponible "Tetris DS"³.

El videojuego TETRIS, requiere realizar varias tareas espaciales (tabla 3.1) que normalmente son medidas en los test espaciales:

- **Puzles** Se combinan las partes de una figura para completar una figura entera.
- **Rotación de figuras** Dadas varias figuras, al rotarlas, una de ellas coincide con otra para formar un ensamblaje.
- **Bloque.** Formas de bloque, se intersectan para crear una pila de bloques.
- **Intersección** Identificar la intersección de dos bloques.
- **Rotación de bloques** Dados varios bloques, al rotarlos, uno de ellos coincide con otro para ensamblar.
- **Emsamblajes** Reconstruir un conjunto geométrico determinado utilizando bloques.

¹ www.terminalstudio.com/tetris.shtml

² www.xdgames.com/games/3dblocks/index.html

³ <http://www.nintendo.com/channel/ds>

3.5 RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE ACTIVIDADES UTILIZADAS EN EL DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL PARA ADAPTARLAS A UN CURSO BASADO EN REALIDAD AUMENTADA.

En el ámbito nacional son un referente, en cuanto a actividades y tipología de ejercicios para desarrollar las habilidades espaciales, el libro "Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial" de Teresa Pérez Carrión y Manuel Serrano, y el recurso Web "Taller virtual de Visualización 3D"⁴ del equipo de trabajo de Basilio Ramos Barbero, del área de Expresión Gráfica de la Universidad de Burgos.

Otras herramientas dedicadas a mejorar la visión espacial que contienen tipos de ejercicios que son de nuestro interés:

- Web "Vistas". Autor: José Antonio Cuadrado Vicente⁵
- Web "Interpretación de planos". Autor: Pablo Romanos Muñoz⁶.

Perez Carrión (1998), organiza por categorías la tipología de ejercicios que propone basándose en la taxonomía de Bloom y en la medida de lo posible en nuestra clasificación de ejercicios se seguirá la misma organización.

Categoría / Nivel	Tipología de ejercicio.
RECONOCIMIENTO. Nivel 1.	Identificación de superficies en vistas. (Identificación caras I) Identificación de superficies en perspectiva. (Identificación caras II)
COMPRESIÓN. Nivel 2.	Discriminación de vistas.
APLICACIÓN. Nivel 3.	Discriminación de volúmenes. (Desarrollos I y II) Discriminación de Volúmenes Rotados (Rotaciones -MRT) Discriminación de vistas de volúmenes rotados (Rotaciones)
ANÁLISIS. Nivel 4.	Recuentos Obtención de Vistas
SÍNTESIS. Nivel 5.	Obtención de perspectivas
EVALUACIÓN. Nivel 6.	Determinación de la tercera vista

Tabla 3. 3 Categorías y tipología de ejercicios según Pérez Carrión y Serrano Cardona, 1998.

RECONOCIMIENTO. En este nivel, el estudiante asimilará el proceso teórico de la obtención de las vistas. Los ejercicios que se proponen son de identificar las vistas de un objeto.

COMPRESIÓN. El estudiante debe conocer perfectamente la representación en el sistema de vistas del primer diedro. Se proponen ejercicios para trabajar con vistas, identificando alzado, planta y perfil.

APLICACIÓN. Se proponen tareas de rotación mental y de visualización espacial aplicadas a piezas.

ANÁLISIS. A partir de un todo, el estudiante ha de valorar las relaciones de unos elementos con respecto a otros, estableciendo como prioritarias aquellas que le permitan un conocimiento de cada una de las partes del objeto por separado. Realizará una representación de la realidad mediante obtención de vistas en el sistema de proyección que se le indique.

⁴ <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/>

⁵ http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2002/geometria_vistas/index2.htm

⁶ <http://www.isftic.mepsyd.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf>



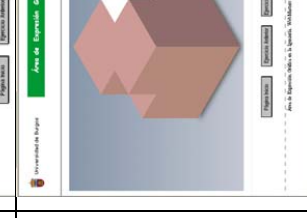
SÍNTESIS: es uno de los escalones más elevados del entrenamiento de HE. El estudiante debe ir de lo particular a lo general. En los ejercicios de obtención de perspectivas a partir de las vistas (representación en plano), no hay elementos en perspectivas, de modo que los alumnos deben integrar en su mente los procesos anteriores para dar profundidad a la representación plana y materializarlas en una perspectiva.

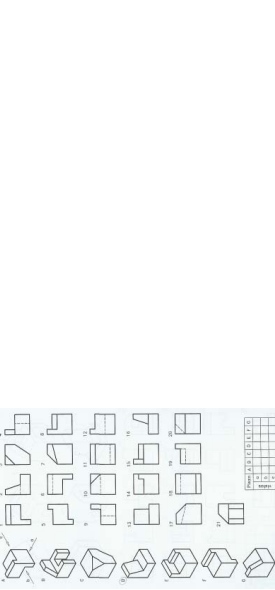
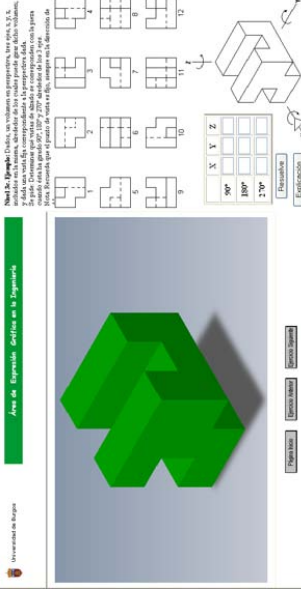
EVALUACIÓN: En este nivel, el estudiante debe ser capaz de emitir juicios de valor. Debe ser capaz de dar solución a problemas específicos realizando tareas espaciales mentales.

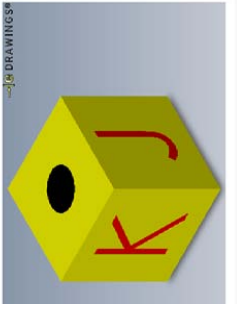
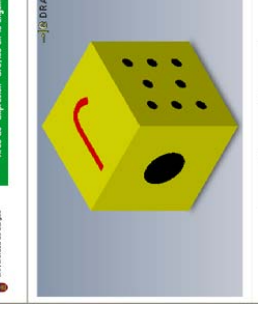

A partir de estos recursos, se han identificado tipologías de ejercicios que desarrollan las HE. Se seleccionan aquellos que se puedan adaptar para ser utilizados con tecnología de realidad aumentada y así los estudiantes puedan entrenar las HE de forma autónoma. Además es conveniente que los ejercicios seleccionados impliquen realizar las tareas espaciales que posteriormente se miden en los test.

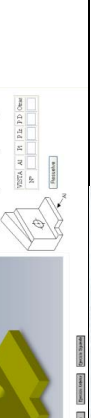
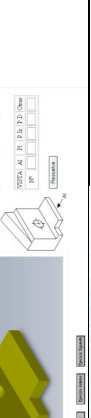
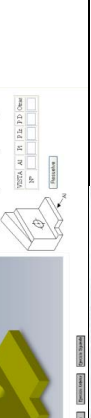
Se asocia a cada tipología un número de ejercicios de forma que se planifica el tiempo diario de entrenamiento. Finalmente nuestra labor será crear una aplicación basada en realidad aumentada que contenga esta tipología de ejercicios para entrenar las HE.

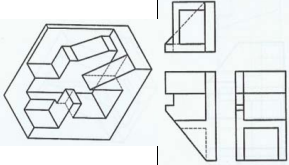
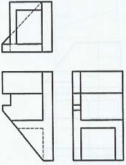
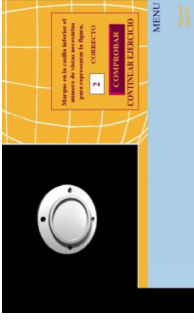


En las siguientes páginas se recoge la tipología de ejercicios obtenida a partir de los recursos anteriormente mencionados, y se incluyen nuevos tipos de ejercicios y se indicarán cuáles de ellas son seleccionadas para adaptarlas a tecnología RA.

TIPOLOGÍA	Autor que Propone	DESCRIPCIÓN	FORMATO	CATEGORÍA	IMAGEN DEL EJERCICIO	OBSERVACIÓN
IDENTIFICACIÓN DE CARAS - I	-Teresa Pérez (libro) -Manuel Serrano Taller virtual de la Universidad de Burgos	Identificar en las proyecciones diédricas dadas, qué superficies se corresponden con la perspectiva.	-Papel -Web	Reconocimiento		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
IDENTIFICACIÓN DE CARAS - II	-Teresa Pérez (libro) -Manuel Serrano Taller virtual de la Universidad de Burgos	Identificar en la perspectiva de la pieza las superficies que vienen representadas por sus proyecciones diédricas.	-Papel -Web	Reconocimiento		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
DIGRIMINACIÓN DE VISTAS - I	-Teresa Pérez (libro) -Manuel Serrano Taller virtual de la Universidad de Burgos	Localizar, para la pieza dada, cuáles son las vistas correctas, entre todas las propuestas, dada la dirección de proyección de la misma.	-Papel -Web	Comprensión		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA

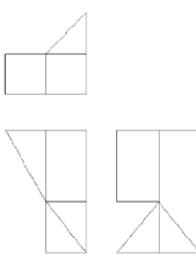
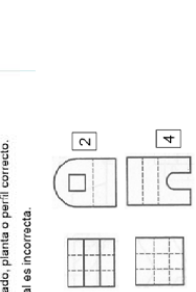
TIPOLOGÍA	Autor que Propone	DESCRIPCIÓN	FORMATO	CATEGORÍA	IMAGEN DEL EJERCICIO	OBSERVACIÓN
<p>DISCRIMINACIÓN DE VISTAS - II</p>	<p>-Teresa Pérez</p>	<p>Localizar, para cada pieza dada, cuales son las vistas correctas, dada la dirección de proyección de la misma.</p>	<p>-Papel</p>	<p>Comprensión</p>		<p>SE PODRÍA ADAPTAR mediante un interfaz adecuado. Requiere de un interfaz complejo</p>
<p>ROTACIONES</p>	<p>-Teresa Pérez -Manuel Serrano</p>	<p>Identificar las vistas correctas de la pieza cuando se le aplican una serie de giros alrededor de los ejes coordenados.</p>	<p>-Papel -Web</p>	<p>Comprensión</p>		<p>Ejercicio de alta dificultad. Interesante para el desarrollo de la rotación mental. Es complicado trabajarlo por primera vez de forma autónoma. SE PODRÍA ADAPTAR mediante un interfaz adecuado. Requiere de un interfaz complejo</p>

TIPOLOGÍA	Autor que Propone	DESCRIPCIÓN	FORMATO	CATEGORÍA	IMAGEN DEL EJERCICIO	OBSERVACIÓN
DESARROLLOS-I	-Teresa Pérez -Manuel Serrano	Discriminar cuál es el desarrollo que se corresponde con el volumen dado	-Papel -Web	Aplicación		NO SE UTILIZA POR SER Muy parecido al test DAT-SR
DESARROLLOS-II	-Teresa Pérez -Manuel Serrano	Confeccionar el correcto desarrollo del volumen dado eligiendo las caras correspondientes.	-Papel -Web	Aplicación		NO SE UTILIZA POR SER Muy parecido al test DAT-SR
ROTACIONES - MRT	-Teresa Pérez	Identificar el volumen igual al modelo dado como dato de cuatro posibles soluciones que están rotadas	Papel	Aplicación		NO SE UTILIZA POR SER Muy parecido al test MRT.

TIPOLOGÍA	Autor que Propone	DESCRIPCIÓN	FORMATO	CATEGORÍA	IMAGEN DEL EJERCICIO	OBSERVACIÓN
RECIENTOS	-Teresa Pérez -Manuel Serrano	Identificar el número de caras en contacto con el prisma indicado.	-Papel -Web	Análisis		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
VISTAS MÍNIMAS	-Teresa Pérez -Manuel Serrano	Localizar, para la pieza dada en perspectiva, cuáles son las vistas mínimas necesarias para su correcta definición, entre todas las propuestas.	-Papel -Web	Análisis		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
TERCERA VISTA	Teresa Pérez	Dadas dos vistas diédricas de una pieza, obtener una tercera vista	Papel	Síntesis		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA

TIPOLOGÍA	Autor que Propone	DESCRIPCIÓN	FORMATO	CATEGORÍA	IMAGEN DEL EJERCICIO	OBSERVACIÓN
OBTENCIÓN DE VISTAS	Teresa Pérez	Obtener las vistas de una pieza dada como dato	Papel	Síntesis		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
OBTENCIÓN DE PERSPECTIVAS	Teresa Pérez	Obtener las perspectivas dadas las vistas diédricas de una pieza	Papel	Evaluación		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
NUMERO MINIMO DE VISTAS	Pablo Romanos Muñoz	Indicar las vistas mínimas para la representación de la pieza.	Web	--		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
IDENTIFICA LA PIEZA REPRESENTADA	Pablo Romanos Muñoz	Identifica la pieza que se corresponde con las vistas dibujadas.	Web	--		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA
CALCULA EL NUMERO DE LINEAS OCULTAS	Pablo Romanos Muñoz		Web	--		SI SE PUEDE ADAPTAR A REALIDAD AUMENTADA

PROPUESTAS NUEVAS UTILIZADAS EN REALIDAD AUMENTADA.

TIPOLOGÍA IDENTIFICACIÓN DE VERTICES	Autor que Propone Jorge Martin	DESCRIPCIÓN En el modelo tridimensional hay marcado varios vértices con números. Identificar los números en las vistas normalizadas.	FORMATO Realidad aumentada	CATEGORÍA	IMAGEN DEL EJERCICIO
DISCRIMINACION DE VISTAS	Jorge Martin	Dado un modelo tridimensional y 4 posibles vista, identificar la vista que no corresponde al modelo 3D	Realidad aumentada	Reconocimiento Comprensión	 <p>Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto. Indicar cual es incorrecta.</p>
VISTAS MINIMAS	Jorge Martin	Dado un modelo tridimensional marcar cuales son las vistas minimas necesarias para su correcta representación. Dado un modelo tridimensional indicar las vistas minimas que se necesitan para definir la pieza.	Realidad aumentada	Análisis	 <p>Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición. Indica en el incisor el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.</p> <p>Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición. MARCA con una X la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.</p> <p>Vista incorrecta N° : <input type="text"/></p> <p>Vista <input type="checkbox"/> Alz <input type="checkbox"/> Pl <input type="checkbox"/> Perfil</p> <p>Vista N° <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8</p>

Las categorías y tipologías de ejercicios que se han seleccionado para organizar el curso de desarrollo de la HE mediante tecnología de Realidad Aumentada han sido:

1. RECONOCIMIENTO

- Identificación de superficies. Dato perspectiva
- Identificación de superficies. Dato vistas.
- Identificación de vértices. (Nueva tipología)

2. COMPRENSIÓN

- Discriminación de vistas. Identifica las vistas de la pieza
- Discriminación de vistas. Identificar la vista que no corresponde. (Nueva tipología)

3. ANÁLISIS.

- Recuentos
- Vistas Mínimas. Marcar las vistas mínimas. (Nueva tipología)

4. SÍNTESIS.

- Obtención de vistas. Dibujar Tercera vista.
- Obtención de vistas. Dibujar las tres vistas
- Obtención de vistas. Dibujar vistas mínimas

5. EVALUACIÓN

- Obtención de perspectivas.

Los ejercicios seleccionados para cada tipología han sido extraídos de las siguientes fuentes:

- Libro "Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial" (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998).
- Taller virtual de Visualización⁷.
- Recurso web. "Piezas. 180 diseños para dibujo técnico."⁸ Autor: Antonio L. Martín González.

En anexo 2 está disponible el material del curso de realidad aumentada (cuaderno de ejercicios y marcas fiduciales).

⁷ <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/>

⁸ http://www.isftic.mepsyd.es/pamc/pamc_2001/2001_180_disenos_dibujo/

3.6 RECOPIACIÓN, SELECCIÓN Y TIPIFICACIÓN DE EJERCICIOS UTILIZADOS EN ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN RELACIÓN AL DESARROLLO DE HE.

Se ha preparado un cuaderno de apuntes y ejercicios para trabajar en el curso propuesto. Los ejercicios han sido recopilados a partir del material docente de profesores que imparten docencia en asignaturas de Expresión Gráfica en las titulaciones técnicas. Los ejercicios han sido clasificados por categorías o tipologías atendiendo a las tareas espaciales que son necesarias realizar para llegar a la solución. El proceso seguido para establecer las categorías y tipologías de ejercicios ha sido:

I. RECOPIACIÓN DE MATERIAL DOCENTE – PRÁCTICO.

1.- Solicitar por correo electrónico y de forma personal a todos los profesores de las áreas de conocimiento Expresión Gráfica en la Ingeniería y Expresión Gráfica en Arquitectura, nos facilitaran los ejercicios que con más frecuencia proponen a sus estudiantes o que consideran más interesantes para su formación.

2.- Búsqueda y recopilación de ejercicios prácticos de libre acceso, accediendo a través de la web de docentes y universidades.

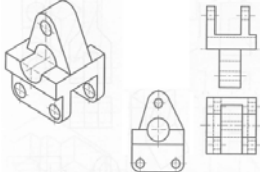
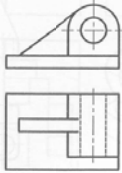
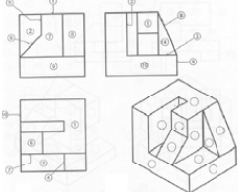
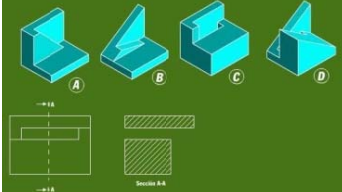


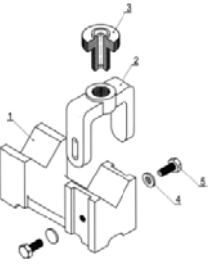
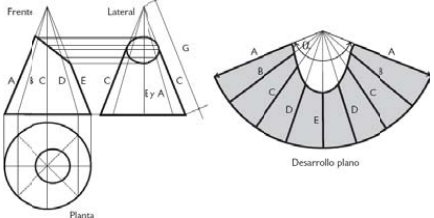
3.- Obtención de cuadernos de ejercicios que han realizado profesores universitarios donde se recopilan los ejercicios prácticos más interesantes para desarrollar en la asignatura de Expresión Gráfica.

4.- Publicaciones de libros con ejercicios de Expresión Gráfica.

5.- Del servicio de reprografía de algunos centros universitarios se ha obtenido el material docente que los profesores de expresión gráfica ponen a disposición de los estudiantes. Los centros visitados fueron: Escuela Politécnica Superior de Jaén, Escuela Politécnica de Cáceres, Escuela de Arquitectura Técnica ULL, Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales de Cartagena, Escuela Superior de Tecnologías y Ciencias Experimentales de Universidad Jaume I, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Universidad de Las Palmas de Gran Canarias, Universidad Politécnica Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.

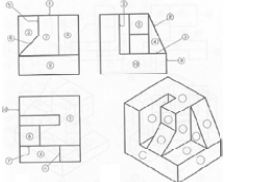
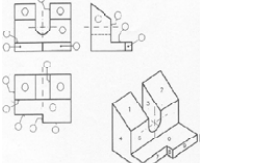
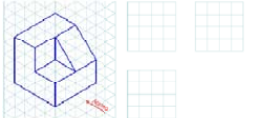

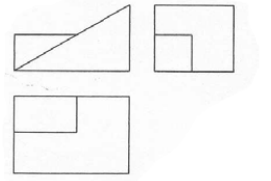
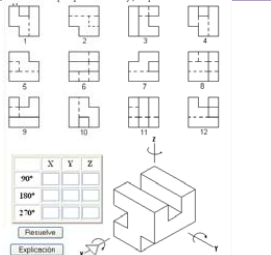
II. ESTABLECER CATEGORÍAS-TIPOLOGÍAS DE EJERCICIOS.

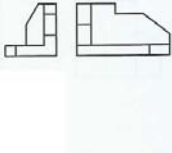
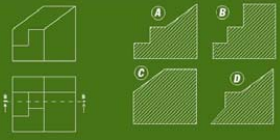
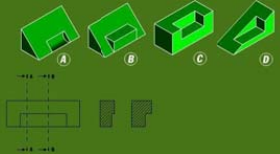

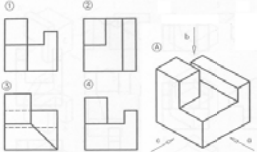

Atendiendo a las tareas espaciales que hay que trabajar, para desarrollar las subcomponentes del factor espacial (apartado 3.2), se organizan todos los ejercicios que se han recopilado. Los contenidos de Expresión Gráfica tienen una gran riqueza en cuanto a tareas espaciales, ya que con los ejercicios que recopilados se pueden trabajar todas las tareas espaciales, incluso un mismo ejercicio trabaja varias tareas espaciales. En la siguiente tabla se muestra gráficamente un ejemplo de ejercicio y tarea que desarrolla.

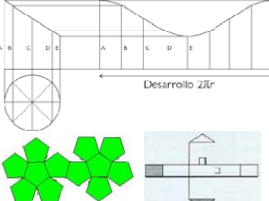
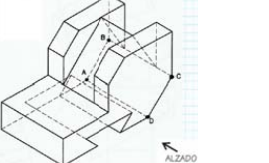
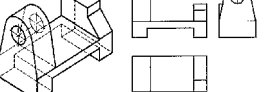
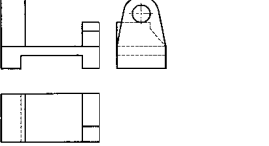

Tareas (Imagen de un ejercicio relacionado)	
<p>Puzles</p>  <p>Búsqueda de errores (vistas mal colocadas y giradas).</p>	<p>Rotación de figuras</p>  <p>Obtener tercera vista, sin dato de perspectiva.</p>
<p>Bloque</p>  <p>Identificar formas del bloque, caras...</p>	<p>Intersección</p>  <p>Identificar corte de un plano con el bloque.</p>
<p>Rotación de bloques</p>  <p>Obtener vistas después de rotar.</p>	<p>Plegado y desplegado de piezas</p>  <p>Operación de proyectar vistas o reconstruir perspectiva, está fuertemente relacionado con esta tarea.</p>
<p>Emsamblajes</p>  <p>Buscar los errores de las piezas para ensamblar.</p>	<p>Desarrollo de superficies</p>  <p>Desarrollo de un sector de superficie</p>
<p>Perspectivas</p>	<p>Cualquiera de los anteriores</p>

Hay que tener en cuenta que un mismo ejercicio puede desarrollar dos o más tareas, como se dispone de una amplia batería de ejercicios y cada uno de ellos desarrolla más de una tarea espacial, es más cómodo establecer "tipos de ejercicios" en función del problema a resolver e identificar las tareas espaciales que tiene asociadas.

Se obtienen las siguientes tipologías (están marcadas en rojo las nuevas propuestas que se aportan):

Nº	Tipología de ejercicio. Descripción	Tareas que desarrolla	Ejemplo
1	Identificación de superficies en una perspectiva.	Bloque, Perspectivas	
2	Identificación de superficies en las vistas.	Bloque, Perspectivas	
3	Obtención de las vistas de una pieza	Bloque, Perspectivas, Plegado y desplegado de piezas	
4	Discriminación de vistas. Dada la perspectiva de una pieza, elegir entre varias vistas, las tres proyecciones que corresponden con la pieza dada.	Bloque, Perspectivas, Plegado y desplegado de piezas.	
5	Obtención de la perspectiva a partir de las vistas.	Bloque, Perspectivas, Plegado y desplegado de piezas.	
6	Rotación. Identificar el objeto después de haber sufrido el original una rotación un ángulo determinado.	Rotación de bloques, Perspectivas	

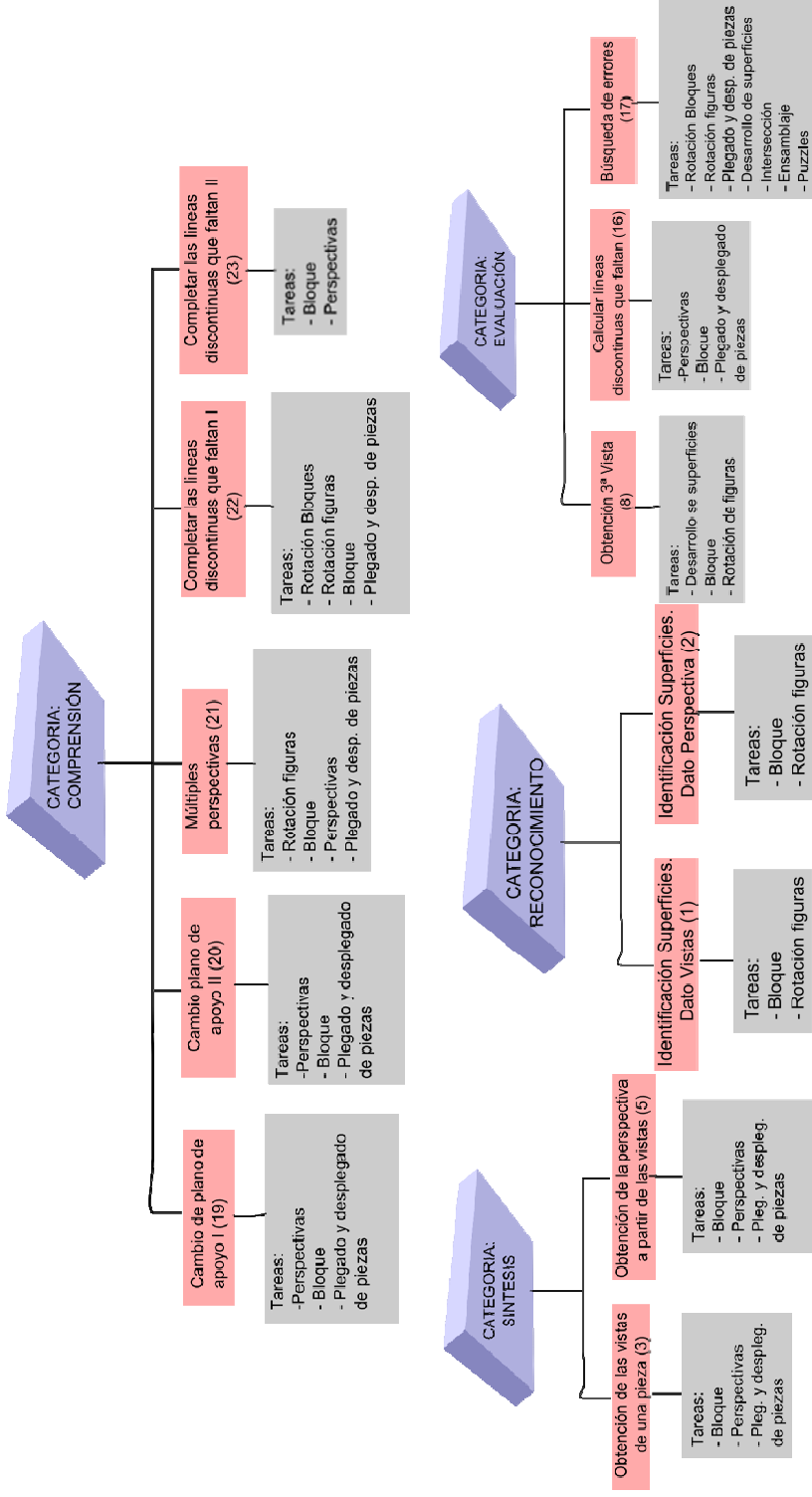
	Tipología de ejercicio. Descripción	Tareas que desarrolla	Ejemplo
7	Rotación. Representar vistas del objeto después de haber sufrido el original una rotación un ángulo determinado.	Rotación de bloques, Perspectivas, Plegado y desplegado de piezas.	
8	Obtener la tercera vista. Dadas dos vistas, dibujar la tercera. No se dispone de la perspectiva.	Bloque, Rotación de figuras.	
9	Obtener las vistas mínimas de una pieza en perspectiva.	Bloque, Perspectivas, Plegado y desplegado de piezas.	
10	Identificar el corte o sección que produce un plano. Dato Vistas.	Intersección, perspectiva.	
11	Identifica la perspectiva a que se refiere la representación. Dato vista y seccion.	Intersección, perspectiva.	
12	Dibujar la seccion o corte que produce un plano	Intersección, perspectiva.	
13	Identificar la intersección entre dos cuerpos	Intersección, perspectiva.	
14	Descubrir la vista incorrecta. Dadas varias vistas de una pieza en perspectiva, identificar la errónea.	Rotación de figuras, Bloque, Perspectivas, Plegado y desplegado de piezas.	
15	Reconocimiento de pieza. Dadas varias piezas, y las vistas de una de ellas, identificar pieza que representa.	Rotación de bloques, Rotación de figuras, Bloque, Plegado y desplegado de piezas.	
16	Calcular el número de líneas discontinuas que faltan. Dada la perspectiva y las vistas, identificar cuantas líneas discontinuas faltan.	Perspectivas, Bloque, Plegado y desplegado de piezas.	

	Tipología de ejercicio. Descripción	Tareas que desarrolla	Ejemplo
17	Búsqueda de errores. Dada una pieza y las vistas, identificar los errores de representación.	Rotación de bloques, Rotación de figuras, Bloque, Plegado y desplegado de piezas, Desarrollo de superficies, Intersección, Emsamblajes, Puzles	
18	Desarrollos de volúmenes Desarrollo de volúmenes prismáticos	Desarrollo de superficies. Plegado y desplegado de piezas,	
19	<i>Cambio de plano de apoyo. Dada una pieza en perspectiva, hacer que una de sus caras, sea el plano de apoyo y dibujar las vistas.</i>	Rotación de bloques, Plegado y desplegado de piezas, Perspectivas, Bloque.	
20	<i>Cambio de plano de apoyo II. Dada la pieza en perspectiva, hacer que una de sus caras, sea el plano de apoyo, Identificar las vistas que son el nuevo Alzado, planta y perfil.</i>	Rotación de bloques, Plegado y desplegado de piezas, Perspectivas, Bloque.	
21	<i>Múltiples perspectivas. Dadas dos vistas, elegir las perspectivas posibles. (Algunas piezas tienen la misma representación de AL, PL y PF)</i>	Puzles, Rotación de figuras, Rotación de bloques, Plegado y desplegado de piezas, Perspectivas	
22	<i>Dibujar las líneas discontinuas que faltan I. Conocida la perspectiva.</i>	Plegado y desplegado de piezas, Perspectivas	
23	<i>Dibujar las líneas discontinuas que faltan II. No se conoce la perspectiva.</i>	Plegado y desplegado de piezas, Perspectivas	
24	<i>Graduar las direcciones XYZ. Dada una pieza, establecer el tamaño del modulo y graduar las tres direcciones.</i>	Bloque, Perspectivas	
25	<i>Dibujar por coordenadas 3-dimensiones (XYZ)</i>	Perspectivas	

Se organiza la tipología de ejercicios por categorías:

CATEGORÍA	(Nº) TIPOLOGÍA DE EJERCICIO
RECONOCIMIENTO	(1) Identificación de superficies en las vistas. (2) Identificación de superficies en una perspectiva.
COMPRESIÓN	(19) Cambio de plano de apoyo. Dada una pieza en perspectiva, hacer que una de sus caras, sea el plano de apoyo y dibujar las vistas. (20) Cambio de plano de apoyo II. Dada la pieza en perspectiva, hacer que una de sus caras, sea el plano de apoyo, Identificar las vistas que son el nuevo Alzado, planta y perfil. (21) Múltiples perspectivas. Dadas dos vistas, elegir las perspectivas posibles. (Algunas piezas tienen la misma representación de AL, PL y PF) (22) Dibujar las líneas discontinuas que faltan I. Conocida la perspectiva. (23) Dibujar las líneas discontinuas que faltan II. No se conoce la perspectiva.
APLICACIÓN	(10) Identificar el corte o sección que produce un plano. Dato Vistas. (11) Identifica la perspectiva a que se refiere la representación. Dato vista y sección. (12) Dibujar la sección o corte que produce un plano (13) Identificar la intersección entre dos cuerpos (18) Desarrollos de volúmenes prismáticos (6) Rotación. Identificar el objeto después de haber sufrido el original una rotación un ángulo determinado (7) Rotación. Representar vistas del objeto después de haber sufrido el original una rotación un ángulo determinado. (25) Dibujar por coordenadas 3-dimensiones (XYZ)
ANÁLISIS	(4) Discriminación de vistas. (9) Obtener las vistas mínimas de una pieza en perspectiva (14) Descubrir la vista incorrecta. Dadas varias vistas de una pieza en perspectiva, identificar la errónea. (15) Reconocimiento de pieza. (24) Graduar las direcciones XYZ. Dada una pieza, establecer el tamaño del modulo y graduar las tres direcciones.
SISTESIS	(3) Obtención de las vistas de una pieza (5) Obtención de la perspectiva a partir de las vistas.
EVALUACIÓN	(8) Obtener la tercera vista. (16) Calcular el número de líneas discontinuas que faltan. (17) Búsqueda de errores.

Para realizar un ejercicio es necesario desarrollar una o varias tareas; el ejercicio es de una determinada tipología y la tipología pertenece a una categoría.



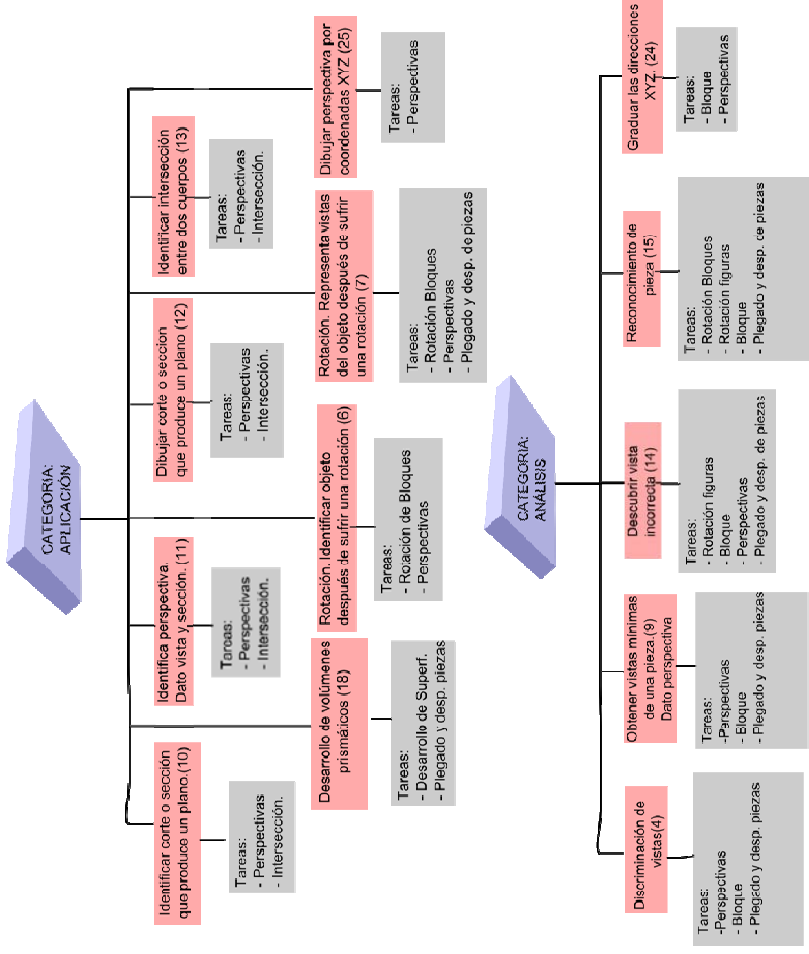


Fig. 3. 4 Esquema de organización de ejercicios por categorías y tareas.

En distintas universidades se trabajan los mismos ejercicios y también es análoga la tipología de ejercicios que se proponen a los estudiantes. A partir de todo este trabajo realizado, se ha seleccionado la tipología de ejercicios más usual y los ejercicios más utilizados por los profesores, y se ha clasificado una batería de 59 ejercicios según nivel de dificultad en Básico, Intermedio y Avanzado, de forma que se obtiene el material didáctico que se utilizará para entrenar las habilidades espaciales en un curso de intensificación mediante croquizados de ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica. A estos ejercicios se les añaden apuntes teóricos en los que se explican las técnicas de croquizado y la representación de objetos mediante vistas ortogonales. En anexo 3 se puede consultar el material docente utilizado en este curso.

A continuación se muestra la tipología de ejercicios para realizar el curso propuesto:

Nº orden	Capítulo 2. Familiarización con croquizado
(1)	Identificación de superficies en una perspectiva. #1 ejercicio.
(2)	Identificación de superficies en las vistas. #1 Ejercicio.
(3)	Obtención de vistas. #12 Ejercicios.
(5)	Obtención de la perspectiva a partir de vistas. #4 Ejercicios.
(23)	Dibujar líneas discontinuas q faltan.#2 Ejercicios.
Capítulo 3. Entrenamiento en Habilidades Espaciales. Nivel Básico.	
(3)	Obtención de vistas. # 13 Ejercicios
(5)	Obtención de perspectivas.# 6 Ejercicios.
(8)	Obtener la tercera vista. # 6 Ejercicios.
	Total ejercicios 25 Ejercicios.
Capítulo 4. Entrenamiento en Habilidades Espaciales. Nivel Intermedio.	
(3)	Obtención de vistas. # 7 Ejercicios
(5)	Obtención de perspectivas.#4 Ejercicios
(8)	Obtener la vista que falta. # 5 Ejercicios
(9)	Obtener vistas mínimas. # 6 Ejercicios.
	Total ejercicios 22 ejercicios.
Capítulo 5. Entrenamiento en Habilidades Espaciales. Nivel Avanzado	
(3)	Obtención de vistas. #5 Ejercicios(1-2-3-6-7)
(5)	Obtención de perspectivas. #3 (4-9-10)
(19)	Obtener vistas previa rotación mental del objeto. #2 Ejercicios. (5-8)
(15)	Relacionar vistas con perspectivas. #2 Ejercicios
	Total ejercicios..... 12 ejercicios

3.7 RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE CONTENIDOS BÁSICOS DE SISTEMA DIÉDRICO.

Sobre el sistema de representación "diédrico", hay numerosos textos y manuales publicados. El sistema diédrico aparece en la mayoría de los programas de asignaturas gráficas de las titulaciones técnicas, por ello que algunos profesores de ésta materia han desarrollado sus propios manuales sobre este sistema de representación.

Se utilizan algunos de los textos más difundidos sobre este sistema de representación y se seleccionan los contenidos del curso de desarrollo de habilidades espaciales basado en sistema diédrico.

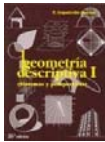
Los contenidos, serán los básicos del sistema de representación diédrico, se seleccionarán las explicaciones y ejercicios teóricos que impliquen la realización de tareas espaciales que posteriormente se medirán en los test de habilidad espacial.

También se tendrá en cuenta que los ejercicios que se van a explicar, podrán ser desarrollarlos en la aplicación informática "Diedro-3D" de forma que sean claros para el estudiante.

Los manuales que se han utilizado para recopilar los contenidos del curso han sido:



GEOMETRIA DESCRIPTIVA. SISTEMA DIEDRICO TOMO 1
RODRIGUEZ DE ABAJO, F. JAVIER
DONOSTIARRA
Año: 2007; ISBN: 978-84-7063-353-9



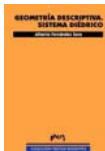
GEOMETRIA DESCRIPTIVA
Autor: IZQUIERDO ASENSI, F.
PARANINFO, EDICIONES
Año: 2000; 3 ed. ISBN: 978-84-922109-5-4



EJERCICIOS DE GEOMETRIA DESCRIPTIVA IV
Autor: IZQUIERDO ASENSI, F.
PARANINFO, EDICIONES
Año: 1997 ; 1 ed. ISBN: 978-84-922109-2-3



GEOMETRÍA DESCRIPTIVA APLICADA
Autor: KATHRYN HOLLIDAY-DARR
PARANINFO, EDICIONES
ISBN: 9706860126



GEOMETRÍA DESCRIPTIVA. SISTEMA DIÉDRICO
Autor: FERNÁNDEZ SORA, ALBERTO
Prentice Hall, Ediciones
Año: 1995 ISBN:9788477334309

SISTEMA DIÉDRICO.
Autor: JULIAN HERNANDEZ RAMIREZ
Edita: El autor. Escuela Universitaria de Mérida. Año:1989.

El manual desarrollado para el curso, está disponible en anexo 1 y los contenidos seleccionados para dicho curso han sido:

- 1.- Introducción. Sistemas de representación.
 - 1.1.- Necesidad de pasar de 3D a 2D.
 - 1.1.- Proyección. Clases de proyecciones
 - 1.2.- Representación de Objetos mediante sus proyecciones Ortogonales.
Vistas Normalizadas.
Posición de las Vistas.
- 2.- Sistema diédrico. Representación de punto, recta y plano.
 - 2.1. Elementos y características del sistema diédrico.
 - 2.2. Representación del punto. Alejamiento y cota.
 - 2.3. Alfabeto del punto. Coordenadas del punto.
 - 2.4. Proyecciones diédricas de la recta.
 - 2.5. Alfabeto de la recta
 - 2.6. Proyecciones diédricas del plano.
 - 2.7. Alfabeto del plano
- Ejercicio
- 3.- Situación de la recta y el punto en el plano.
 - 3.1. Situación del punto en el plano
 - 3.2 Situación de la recta en el plano
 - 3.3. Determinar trazas de un plano definidas por dos rectas que se cortan.
 - 3.4. Determinar trazas de un plano definidas por una recta y un punto exterior.
 - 3.5. Determinar trazas de un plano definidas por dos rectas paralelas.
 - 3.6 Determinar trazas de un plano definidas por tres puntos.
- 4.- Intersección de planos y de rectas con planos.
 - 4.1 Intersección de planos.
 - 4.2 Intersección de una recta y un plano.
- Ejercicio
- 5.- Paralelismo y perpendicularidad.
 - 5.1 Paralelismo entre rectas.
 - 5.2 Paralelismo entre recta y plano.
 - 5.3 Paralelismo entre dos planos.
 - 5.4 Perpendicularidad entre recta y plano.
 - 5.5 Plano perpendicular a una recta.
 - 5.6 Perpendicularidad entre planos.
 - 5.7 Perpendicularidad entre rectas.
- 6.- Mínimas distancias.
 - 6.1 Mínima distancia entre dos puntos
 - 6.2 Mínima distancia de un punto a un plano.
 - 6.3 Mínima distancia entre dos planos.
 - 6.4 Mínima distancia entre dos rectas paralelas.
 - 6.5 Mínima distancia de un punto a una recta.
- 7.- Poliedros.
 - 7.1 Introducción.
 - 7.2 Estudio de tres Posiciones características de un tetraedro respecto al PH.
 - 7.3 Estudio de tres Posiciones características de un hexaedro respecto al PH.

3.8 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 3

Adánez, G., & Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal of Geometry and Graphics*, 6 (1), 99-109.

Anderson, L., & Krathwohl, D. (Edits.). (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman, New York.

Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals: cognitive domain*. (Vol. Handbook I). New York ; Toronto: Longmans, Green.

Domínguez Posada, R. (1994). 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, España.

Feng, J., & Spence, I. (2007). Playing an Action Video Game Reduces Gender Differences in Spatial Cognition. *Psychological Science*, 18 (10), 850-855.

Gerson, H., Sorby, S., Beberly, A., & Baartmans, J. (2001). The Development and Assessment of Multimedia Software for Improving 3-D Spatial Visualization Skills. *Journal Computer Applications Engineering Education*, 9(2), 105-113.

Martin-Dorta, N., Martin-Gutierrez, J., Saorín, J., Contero, M., & Navarro, R. (2008b). Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería. *Actas XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Martin-Gutiérrez, J. (14 de Abril de 2009). Aspectos estadísticos en el análisis del desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería. *Programa de Acciones en el contexto del EEES de la Universidad de Jaén*. Linares, Jaén, España: Disponible en: <http://www.degarin.com/dehaes/>.

Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s [Póster]. *IV Internacional Conference on Multimedia and Information*. Sevilla, España.

Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s. En A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín, J. Mesa González, & J. Mesa González (Edits.), *Current Developments in Technology-Assisted Education (2006)* (Vol. 2, págs. 1258-1262). Badajoz, España: FORMATEX.

Martin-Gutiérrez, J., Contero, M., Martín-Dorta, N., & Saorín, J. (2010). Applying Augmented Reality in Engineering Education. *Proceeding of the 8th International Conference on Education*, (págs. 1619-1626). Honolulu, Hawaii.

Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Navarro, R. (23-27 de Febrero de 2009). Desarrollo de las Habilidades Espaciales en estudiantes de Ingenierías - Póster. *Jornadas científicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería civil e industrial de la Universidad de la Laguna*. La Laguna, Tenerife, España.

Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2008). Aplicaciones Web para el desarrollo de las habilidades espaciales. *XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Martin-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. *XXI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.

- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students? *International Journal of Engineering Education*, 25 (6), 1194-1204.
- Muñoz, F., Lázaro, A., Gutiérrez, E., Jiménez, F., & Ariza, A. (2009). Diseño de una aplicación java para la enseñanza de la geometría descriptiva. *XXI Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.
- Navarro, R., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Martín Gutiérrez, J. (2006). Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería y el desarrollo de la vision espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas. *Actas del VIII Congreso de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Madrid.
- Okagaki, L., & Frensch, P. A. (1994). Effects of Video Game Playing on Measures of Spatial Performance: Gender Effects in Late Adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15 (1), 33–58.
- Pérez Carrión, M., Serrano, M., Díaz, M., Tomás, R., & Sentana, I. (2002). El desarrollo de la percepción espacial en la formación de los alumnos de estudios técnicos universitarios. *XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Santander, España.
- Pérez Carrión, T., & Serrano Cardona, M. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*. Alicante, España: Editorial Club Universitario ECU.
- Rafí, A., Samsudin, K., & Ismail, A. (2006). On Improving Spatial Ability through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction. *Educational Technology & Society*, 9 (3), 149-159.
- Ramos, B., García, E., Baños, E., Melgosa, García, D., & Sainz, E. (2001-02). Recurso web:Taller de mejora de la visión espacial. <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>.
- Regeo, R. G. (2009). Regeo Research Group. *Sitio web: www.regeo.uji.es*, Disponible en Noviembre 2009.
- Rodríguez, E., & Megias, I. (2002). *Jóvenes y videojuegos*. Madrid: FAD/INJUVE.
- Saorín, J. (2006). Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Saorín, J. L., Contero, M., Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA. Ingeniería e industria*, 84 (9), 721-732.
- Sorby, S. (1999a). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63 (2), 21–32.
- Stumpf, H., & Eliot, J. (1999). A Structural Analysis of Visual Spatial Ability in Academically Talented Students. *Learning and Individual Differences*, 11 (2), 137-151.
- Torner Ribé, J. (2009). Desarrollo de habilidades espaciales en la docencia de Ingeniería Gráfica. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Urraza, G., & Ortega, J. (2009). Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de Expresión Gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 2 (3), 261-271.

CAPÍTULO 4.

ESTUDIOS EXPERIMENTALES. Desarrollo de las habilidades espaciales.

4.1. INTRODUCCION.

4.1.1. Cursos realizados para desarrollar las habilidades espaciales.

A lo largo de este trabajo, se han confeccionado los materiales didácticos y herramientas que se consideran más adecuados para planificar y diseñar una serie de cursos que pueden desarrollar las habilidades espaciales en los estudiantes de las titulaciones técnicas. Los contenidos de los cursos, introducen al estudiante en los conocimientos básicos de los sistemas de representación (excepto los cursos de videojuegos).

4.1.2. Cursos realizados en el año académico 2007/08.

El primer día del curso académico 2007/08, se realiza la medición de la capacidad de visión espacial de los estudiantes de nuevo acceso en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial de la Universidad de La Laguna, en concreto de los estudiantes de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial, especialidades de Mecánica y Electrónica (119 estudiantes). Se administró una encuesta con el objeto de recoger conocer el perfil y características de los estudiantes, además la encuesta recoge datos referentes al grado de familiarización y uso con los videojuegos. La encuesta revela que los estudiantes que juegan con videojuegos dedican una media de 5 horas semanales a jugar.

No se ha encontrado una definición a partir de cuánto tiempo de juego semanal se puede considerar a una persona como jugador habitual, por ello que se decide definirlo para tenerlo en cuenta en nuestro estudio. **Se decide considerar a un estudiante como “jugador habitual” aquel que juega al menos tres horas a la semana.** En el cuestionario también recoge información acerca de la plataforma que utilizan los estudiantes para jugar (PC o tipo de consola) y el tipo de juego utilizado (acción, aventura, simulaciones, habilidades, deportes, inteligencia, etc.)

Los resultados de la medición de la capacidad espacial en la población estudiada (septiembre 2007) se muestra en la siguiente tabla:

	Población Total N=119	
	Media	(SD)
Pre-MRT	17.55	(8.31)
Pre- DAT:SR	39.13	(11.07)

Tabla 4. 1 Media y Desviación estándar de HE de la población estudiada (2007).

A los estudiantes que presentaron niveles más bajos en capacidad de visión espacial, se les invita a realizar un curso para desarrollar las habilidades espaciales mediante el entrenamiento con un videojuego comercial.

La experiencia consistía en realizar en paralelo dos cursos similares, uno utilizando el videojuego Tetris en un ordenador personal y otro curso utilizando el mismo videojuego en la videoconsola Nintendo DS. La experiencia del videojuego Tetris con ordenador personal se ha realizado con anterioridad por otros investigadores en adolescentes de 13-15 años, pero no se había realizado nunca con anterioridad en estudiantes de ingenierías. La experiencia con videoconsola Nintendo DS, con el objetivo de desarrollar las habilidades espaciales no ha sido llevada a cabo nunca. En los próximos apartados se exponen todos los detalles de estos cursos.

Curso	Duración y Fecha
Curso desarrollo de HE utilizando videojuegos en PC	5 horas de juego y 2 horas para medir la capacidad espacial antes y después del entrenamiento. (Lunes 8– Jueves 11 Octubre 2007)
Curso desarrollo de HE utilizando videojuegos en Nintendo DS	5 horas de juego y 2 horas para medir la capacidad espacial antes y después del entrenamiento. (Lunes 8– Jueves 11 Octubre 2007)

Tabla 4. 2 Cursos de desarrollo de HE realizados en curso académico 2007/08

4.1.3. Cursos realizados en el año académico 2008/09.

Los primeros días del curso académico 2008/09 se invitó a todos los estudiantes que acceden por primera vez a las titulaciones técnicas de la Universidad de La Laguna a participar en los cursos de desarrollo de habilidades espaciales que habían sido planificados (445 alumnos). En los próximos apartados se exponen todos los detalles de estos cursos.

Curso	Destinatarios	Duración y Fecha
Desarrollo de Habilidades espaciales mediante clases magistrales de sistema diédrico (clases magistrales)	Estudiantes de Arquitectura Técnica	9 horas de entrenamiento y 2 horas para medir la capacidad espacial antes y después del entrenamiento. (Jueves 25 sept- Jueves 2 Oct)
Desarrollo de Habilidades espaciales mediante sistema diédrico con apoyo del visualizador Diedro-3D	Estudiantes de Arquitectura Técnica	9 horas de entrenamiento y 2 horas para medir la capacidad espacial antes y después del entrenamiento. (Jueves 25 sept- Jueves 2 Oct)
Desarrollo de Habilidades espaciales mediante tecnología de Realidad Aumentada	Estudiantes de Ing. Tec.Industrial, esp Mecánica	9 horas de entrenamiento y 2 horas para medir la capacidad espacial antes y después del entrenamiento. (Miércoles 24 sept- Miércoles 1 Oct)
Desarrollo de Habilidades espaciales mediante ejercicios tradicionales de Expresión Grafica.	Estudiantes de Ing. Tec.Industrial, esp Mecánica y esp electrónica	9 horas de entrenamiento y 2 horas para medir la capacidad espacial antes y después del entrenamiento. (Miércoles 24 sept- Miércoles 1 Oct)

Tabla 4. 3 Cursos de desarrollo de HE realizados en curso académico 2008/09

4.1.4. Instrumentos de medida.

Siguiendo la clasificación propuesta por varios investigadores (Pellegrino, Alderton & Shute, 1984, Carroll, 1999 y Olkum, 2003), se considera la habilidad espacial formada por dos componentes: "Relaciones Espaciales o Rotación Mental" y "Visualización Espacial".

Se utilizan dos test que miden cada una de estas componentes:

- **Test de Rotación Mental (MRT).** Este test (versión de 20 ítems) mide la componente de Rotaciones Mentales (Vanderberg & Kase, 1978).
- **Test de Aptitudes Diferenciales (DAT-5:SR, Nivel 2), versión 50 ítems:** medirá la componente de Visualización Espacial (Bennet, Seashore & Wesman, 1947).

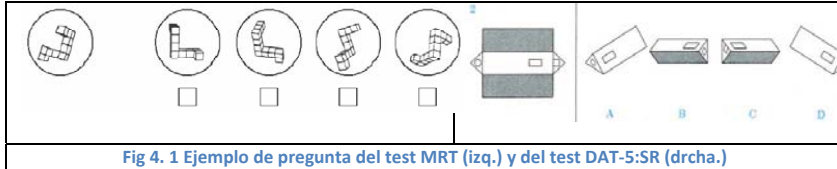


Fig 4. 1 Ejemplo de pregunta del test MRT (izq.) y del test DAT-5:SR (drcha.)

En los cursos de videojuegos, se utiliza el test DAT: SR, versión de 60 ítems, por ser el disponible en el año académico 2007-08.

4.1.5. Población estudiada en 2008-09. Determinación del tamaño muestral.

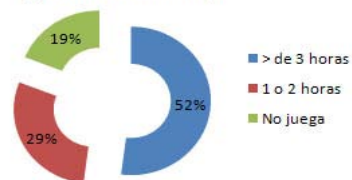
Los primeros días del curso académico 2008/09 se realiza la medición del nivel de capacidad de visión espacial de todos los estudiantes que acceden por primera vez a las titulaciones técnicas de la Universidad de La Laguna (Tenerife). En concreto la medición se llevo a cabo en 445 estudiantes de las titulaciones de: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica, Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica, Ingeniería de Obras Públicas, Arquitectura técnica, Ingeniería Técnica Agrícola e Ingeniería Química.

Las componentes de la habilidad espacial, se midieron mediante los test métricos DAT y MRT y se llevó a cabo el primer y segundo día del curso, en el momento que aún no se ha cursado ningún tipo de contenido de Expresión Gráfica. Además los estudiantes realizaron una encuesta con objeto de conocer su nivel de conocimiento en nuevas tecnologías y sus preferencias en cuanto al ocio y entretenimiento. El trabajo para obtener estos datos, estuvo cuidadosamente organizado para poder llegar a todas las aulas de primer curso de los distintos centros universitarios.

De las encuestas se desprende que:

- La edad media de la población que accede a las titulaciones técnicas es de 19 años.
- El 75% de los estudiantes manifiesta bastante o mucho interés por la informática y nuevas tecnologías.
- El 52% de los estudiantes suele jugar a videojuegos más 3 horas semanales y el 29% 1 ó 2 horas a la semana.
- En general los encuestados utilizan el ordenador una media de 3 horas diarias fundamentalmente para estudiar y como ocio.

Tiempo semanal dedicado a videojuegos
(Jóvenes 18-20 años)



En la siguiente tabla se muestra el nivel medio de capacidad espacial de los estudiantes que acceden a las titulaciones técnicas en la Universidad de La Laguna (en Septiembre 2008).

Población Total N=445		
	Media	(SD)
Pre-MRT	18.65	(8.35)
Pre- DAT-5:SR	29.41	(9.18)

Tabla 4. 4 Media y Desviación estándar de HE de la población estudiada (2008).

Antes de iniciar los estudios experimentales se llevó a cabo un estudio del tamaño de la muestra que se requiere (n) para participar en los entrenamientos y obtener resultados estadísticos fiables y consistentes. El tamaño de la muestra se obtiene teniendo en cuenta la ganancia mínima que se espera conseguir en los niveles de habilidades espaciales y la desviación estándar de la muestra. Las probabilidades de error de tipo I (error α) y tipo II de error (error β) se fijan al 5% y 10%, respectivamente (valores normales).

Para obtener el tamaño de la muestra (n), se utiliza la expresión $[n=(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * SD^2/d]$, con valores normales para $Z_{\alpha}=1.96$, $Z_{\beta}= 1.28$, donde SD es la desviación estándar esperada y d , la precisión esperada.

$$n = (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * \frac{SD^2}{d}$$

n= tamaño de la muestra.

Tipo I error ($\alpha = 0.05$) $Z_{\alpha}=1.96$

Tipo II error ($\beta = 0.10$) $Z_{\beta}=1.28$ (potencia, $1-\beta$ es la probabilidad de evitar un error tipo II).

La tabla 4.5 muestra el tamaño de la muestra (n) para una ganancia de puntos de HE y la desviación estándar de dicha ganancia.

		Desviación estándar estimada para puntos de ganancia (S.D)						
		n	4,5	5	5,5	6	6,5	7
d (precisión - Valor de ganancia)	1	213	262	318	378	444	514	
	2	53	66	79	94	111	129	
	3	24	29	35	42	49	57	
	4	13	16	20	24	28	32	
	5	9	10	13	15	18	21	
	6	6	7	9	10	12	14	
	7	4	5	6	8	9	10	
	8	3	4	5	6	7	8	

Tabla 4. 5 Cálculo del tamaño de la muestra para el estudio de desarrollo de HE

- Esta tabla puede interpretarse a partir del siguiente ejemplo: "Si se espera que la muestra tenga un aumento de 3 puntos de ganancia en los niveles de mejora, con una desviación estándar de 4.5 puntos, la muestra necesaria será de 24 participantes. Para obtener mayores ganancias, el tamaño de la muestra requerida será menor".

4.1.6. Planificación para el desarrollo de los cursos. (Año académico 2008-09)

Para desarrollar los cursos, se dispone tres aulas:

- **Aula de Dibujo.** Equipada con 50 mesas-tablero de dibujo, pizarra y proyector.
- **Aula CAD1.** Equipada con 25 Ordenadores a los que se les ha instalado el software DIEDRO-3D. Disponible pizarra y proyector.
- **Aula CAD 2.** Equipada con 25 ordenadores de sobremesa con cámara web, a los que se les ha instalado la aplicación AR_DEHAES. Disponible pizarra y proyector.

Se propuso la siguiente planificación horaria para la ejecución de los cursos:

MAÑANA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
		22-Sep	23-Sep	24-Sep	25-Sep	26-Sep
AULA CAD 2	9,00-11,00			Realidad Aumentada	Realidad Aumentada	Realidad Aumentada
AULA Dibujo	11,00-13,00			Ejercicios EG Tradicionales	Ejercicios EG Tradicionales	Ejercicios EG Tradicionales
TARDE						
AULA Dibujo	15,00-17,00				Sistema Diédrico	Sistema Diédrico
AULA CAD 1	17,00-19,00				Sistema Diédrico/ DIEDRO 3D	Sistema Diédrico/ DIEDRO 3D

MAÑANA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
		29-Sep	30-Sep	01-Oct	02-Oct
AULA CAD 2	9,00-11,00	Realidad Aumentada	Realidad Aumentada	TEST final	
AULA Dibujo	11,00-13,00	Ejercicios EG Tradicionales	Ejercicios EG Tradicionales	TEST final	
TARDE					
AULA Dibujo	15,00-17,00	Sistema Diédrico	Sistema Diédrico	Sistema Diédrico	TEST SD-final
AULA CAD 1	17,00-19,00	Sistema Diédrico/ DIEDRO 3D	Sistema Diédrico/ DIEDRO 3D	Sistema Diédrico/ DIEDRO 3D	TEST SD-3D

4.2. CURSOS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES CON VIDEOJUEGOS BASADOS EN PLATAFORMA PC Y NINTENDO DS

4.2.1. Propósito de estudio.

En la revisión bibliográfica se observa, que algunos autores encuentran en los videojuegos un instrumento válido para la formación en habilidades espaciales tanto por su capacidad instructiva como por su elevada carga motivacional. Griffith et al. (1983), Gagnon (1985), Dorval y Pépin (1986), Kuhlman y Beitel (1991), Okagaki y Frensch (1994) y Subrahmanyam y Greenfield (1994), son algunos que defienden estos argumentos.

En la literatura se han podido diferenciar dos posturas en cuanto a la investigación sobre los efectos de los videojuegos. Una primera vertiente, defiende en términos generales, que los resultados de los estudios que afirman que los videojuegos mejoran la capacidad espacial no son definitivos, ya que las investigaciones realizadas no permiten establecer una relación entre la experiencia de jugar con videojuegos y la mejora de la capacidad espacial del jugador. En las conclusiones de Griffith et al. (1983) y Gagnon (1985), consideran que las personas con mejor capacidad espacial se sienten más atraídas por los videojuegos y otros autores consideran que disponer de fuertes habilidades espaciales influye en tener una mejor destreza para el uso de los videojuegos (Subrahmanyam y Greenfield, 1994), ambas consideraciones podrían estar enmascarando el efecto de la mejora debido a la práctica de los videojuegos.

Por otro lado, algunos estudios parecen demostrar una relación más directa entre la práctica de un videojuego comercial y la mejora de las destrezas espaciales (Okagaki y Frensch, 1994), (Feng, 2004).

En opinión del doctorando, cabe la posibilidad que la relación entre el videojuego y la mejora de la capacidad espacial radique en el tipo de videojuego utilizado para el entrenamiento y por supuesto el tipo de plataforma utilizada, ya que la forma de utilizar los comandos es distinta. Un videojuego que tenga una componente geométrica en sus gráficos, incluya operaciones de rotaciones y traslaciones de elementos, orientarse en un espacio tridimensional, hace que el usuario tenga que realizar tareas mentales relacionadas con la concepción espacial. En la investigación de Okagaki y Frensch, utilizaron el videojuego Tetris en ordenadores personales. Feng utilizó el videojuego *"Medal of Honor: Pacific Assault"*, un juego de estrategia bélica.

En este trabajo se propone una experiencia con la intención de demostrar que se pueden desarrollar las habilidades espaciales en laboratorio, mediante un breve entrenamiento, controlando las horas de juego de un determinado videojuego comercial.

No se pretende demostrar que el uso de "cualquier videojuego" implica un desarrollo de la capacidad espacial, sino que estará controlado por el tipo de videojuego, los modos de juego y las horas de entrenamiento.

En caso que la experiencia sea positiva se podrá disponer de una herramienta controlada para dotar de mayor las capacidad espacial a los estudiantes de ingeniería.

4.2.2. Descripción de la población y muestra.

Se midieron las habilidades espaciales (MRT y DAT) en un total de 119 estudiantes de nuevo ingreso en las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial, especialidades de

Mecánica y Electrónica en la Universidad de la Laguna y se les ofreció realizar un curso para desarrollar las habilidades espaciales mediante el uso de videojuegos. Fueron 35 los estudiantes que se mostraron voluntarios y completaron el curso que se les propuso, de modo que los resultados de la experiencia se basan en este número de participantes.

Se planificaron dos cursos similares en el que la diferencia fue la plataforma de juego y las versiones del videojuego. Los cursos se realizan en la primera semana del curso, de modo que los estudiantes durante esta semana no han recibido ningún contenido de teórico ni práctico de la asignatura de Expresión Gráfica.

La tabla 4.6, muestra la medición de la capacidad espacial de la población estudiada y de la muestra que participa en el estudio antes de realizar el entrenamiento.

	MRT	DAT
	Media (SD)	Media (SD)
Población Total (N= 119)	17.55 (8.31)	39.13 (11.07)
Participantes en los cursos (n= 35)	17.43 (8.21)	41.49 (10.31)

Tabla 4.6 Nivel de capacidad espacial antes de realizar los cursos de videojuegos

El nivel de capacidad de visión espacial de los estudiantes que participan en el entrenamiento son similares a las de la población total, sin necesidad de realizar cálculos se puede afirmar que la muestra es representativa de la población total. No es necesario realizar Anova para comprobarlo ya que por observación de los datos, los valores medios y la desviación estándar son prácticamente iguales. En esta experiencia no se dispone de grupo de control para establecer una comparación de resultados, el planteamiento de la experiencia es comprobar el impacto que la habilidad espacial tiene en el uso del videojuego sobre el grupo experimental.



Tal y como se indica en apartado 4.1.1, se ha considerado como jugadores habituales aquellos que juegan al menos 3 horas semanales a los videojuegos. En la tabla 4.7 se distribuyen a los estudiantes según su condición de jugador o no jugador a videojuegos. A simple vista, los jugadores habituales tienen mayor puntuación en los niveles de visión espacial.

Estudiantes	Media MRT (SD)	Media DAT-SR (SD)
119	17.55 (8.31)	39.13 (11.07)
Jugador habitual de videojuegos	19.13 (8.49)	40.65 (11.09)
No jugador habitual de videojuegos	14.96 (7.38)	36.62 (10.69)

Tabla 4.7 Capacidad de Visión según tipo de jugador

Se realiza la prueba estadística *t-student* de series independientes para comprobar si los valores medios de jugadores y no jugadores son similares desde el punto de vista estadístico.

En el caso de la comparación de los valores medios de MRT de jugadores y no jugadores, se obtiene un p-valor menor de 0,01 ($0,0036 < 0,01$), y para la DAT-SR, un p-valor inferior a 0,05 ($0,027 < 0,05$). Lo que significa que con una probabilidad superior al 99% se puede

afirmar que hay diferencias estadísticas significativas entre la media en MRT de jugadores y no jugadores. Del mismo modo hay una probabilidad superior al 95% en afirmar que hay diferencia estadística significativa en los valores medios de DAT entre jugadores y no jugadores.

Se parte del hecho que los jugadores habituales de videojuegos, tienen mejores niveles de capacidad espacial que los no jugadores, de modo que en el entrenamiento los jugadores habituales tienen cierta ventaja con respecto a los que no son jugadores habituales.

Los 35 participantes se dividieron en 2 grupos, ya que se proponen dos cursos similares pero diferenciados en función del tipo de plataforma en la que iban a realizar el entrenamiento (21 participantes utilizaron ordenadores personales PC, y 14 participantes utilizaron la videoconsola Nintendo DS). En la experiencia se considera a los "no jugadores" como un criterio de máxima prioridad para elegir los estudiantes que realizarían el entrenamiento en la plataforma de Nintendo DS. La interacción en pantalla sensible al tacto con el puntero, se consideró intuitiva para las personas no familiarizadas con los videojuegos. El curso con entrenamiento en NDS, está formado por 5 participantes jugadores habituales y 9 participantes no jugadores habituales y en cuanto al curso con entrenamiento en PC está formado por 18 participantes jugadores habituales y 3 participantes no jugadores habituales.



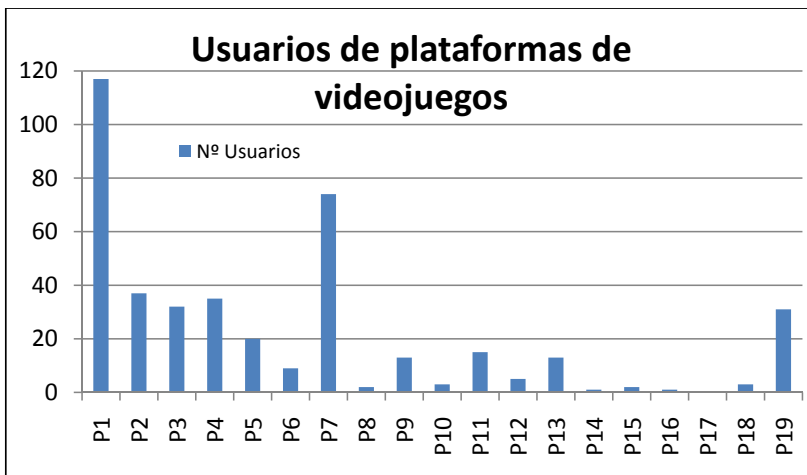
Fig. 4. 2 Estudiantes realizando entrenamiento de HE con videojuegos.

4.2.3. Selección del videojuego y plataformas de juego.

Para seleccionar el juego y elegir una plataforma para la experiencia, la investigación se ha llevado a cabo realizando una búsqueda en el campo del ocio, los videojuegos y videoconsolas. Para realizar la búsqueda del videojuego adecuado para la experiencia, se procedió a revisar numerosos videojuegos existentes en distintas plataformas, organizándolos por categorías (Capítulo 3). Según la encuesta, los estudiantes manifiestan que las plataformas que más utilizan son las que se muestran sombreadas en la tabla 4.8. Las videoconsolas que no están sombreadas se pueden considerar antiguas en el momento de realizar la encuesta, excepto Nintendo Wii que es de reciente aparición. Se aporta un histograma en el que se muestran las consolas que suelen utilizar los estudiantes para jugar. *(El histograma muestra datos del número de usuarios por tipo de videoconsola.)*

P1	PC. (Ordenador)
P2	Sony PSP PlayStation Portátil
P3	Sony PlayStation 1
P4	Sony PlayStation 2 (PS2)
P5	Sony PlayStation 3 (PS3)
P6	Nintendo Wii
P7	Nintendo DS
P8	Nintendo DS Lite
P9	Microsoft Xbox
P10	Microsoft Xbox 360
P11	Nintendo Game Boy Advance (GBA)
P12	Nintendo Game Boy Advanced SP
P13	Nintendo GameCube
P14	Nokia N-Gage
P15	Nokia N-Gage QD
P16	Sega Dreamcast
P17	Game Park 32 (GP32)
P18	GP2X
P19	Teléfono Móvil

Tabla 4. 8 Plataformas habituales entre usuarios de videojuegos



En los últimos años las videoconsolas portátiles (PSP y Nintendo DS) están teniendo un fuerte auge, ya que los usuarios de videojuegos requieren cada vez mayores prestaciones en dispositivos de menor tamaño, con más rendimiento, más versátiles y además portátiles. Por otro lado, el mismo videojuego puede estar disponible en diferentes plataformas, aunque la forma de jugar no sea exactamente igual. Cada juego se adapta a los mandos y controles de cada plataforma.

Las plataformas seleccionadas para llevar a cabo las experiencias han sido ordenadores personales (PC) y consolas de Nintendo DS. La plataforma PC fue elegida por ser la más accesible para todos los usuarios para jugar y la consola Nintendo DS fue elegida por ser

la única consola que ofrece la posibilidad de jugar con la pantalla interactiva, utilizando un lápiz táctil.



El mito de que las consolas son sólo para niños es falso. Un ejemplo claro es la consola Nintendo DS. Está diseñada tanto para niños, niñas y mayores. Nintendo siempre ha tenido buena acogida entre el público femenino (ver nota de prensa de Nintendo España)¹. Los juegos que mayor éxito tienen en este sector de la población son los puzzles y de habilidad.

Para la elección del juego que se utilizará en los cursos de entrenamiento se propusieron una serie de condiciones enumeradas en el capítulo 3, (3.3.3) donde se justifica la elección de los videojuegos utilizados en cada plataforma para la realización de los cursos.

- En plataforma Nintendo DS, se utilizará el videojuego Tetris DS.
- En plataforma Pc, se utilizarán el videojuego Tetris, en las versiones: Tetris arena, Tetris revolution y 3D-Tetris.

4.2.4. Detalles de los cursos

Se diseñaron dos cursos para desarrollar de habilidades mediante el uso de videojuegos, uno para realizar el entrenamiento en plataforma PC y otro para realizarlo en la videoconsola Nintendo DS. Los cursos consisten en jugar en los distintos modos de juego disponibles tanto en versión PC como en versión Nintendo DS (Figuras 4.2 y 4.3). La duración del curso es de 7 horas, de las cuales 2 horas son dedicadas a realizar las mediciones de las HE de los participantes y 5 horas a jugar.

El curso en plataforma PC, consistirá en jugar en los siguientes modos:

1.-**Tetris Arena. Modo Clásico:** consiste en desplazar y rotar figuras geométricas que simulan "ladrillos" que "caen por gravedad". El juego dispone de 7 tipos de figuras diferentes y que van apareciendo en la pantalla de forma aleatoria. Al formar una fila completa (sin huecos) la fila desaparece. Para no perder la partida, no se pueden acumular los ladrillos hasta la parte superior de la pantalla. Dispone de dos modos: *básico* y *avanzado*. La variante "*Avanzado*", consiste en una mayor rapidez para realizar el juego, ya que las piezas "caen" a mayor velocidad, y por tanto hay que pensar más rápidamente la posición en la que hay que rotarla, desplazarla y colocarla. Fig. 4.3(a)

2.-**Tetris Revolution**, dispone de modos *básico* y *avanzado*. Es igual que el juego Tetris Arena, con la diferencia que hay disponibles un mayor número de tipos de figuras "ladrillos" (14 en total) y además pueden surgir desde la parte inferior de la pantalla filas de ladrillos ya creadas con huecos en posiciones estratégicas. Fig. 4.3(b)

¹ http://www.acceso.com/display_release.html?id=15931 y
<http://www.vidaextra.com/wii/como-nintendo-conquistó-el-mercado-femenino>

3.-**Tetris block 3D**, se trata del mismo sistema de juego pero en este caso es tridimensional.

En el modo *Mega Tris* las figuras “caen” formando un muro en perspectiva isométrica Fig.4.3(c). En el modo *Block 3D* el habitáculo en el que caen las piezas es un cubo, de forma que hay que completar toda la superficie de igual cota para hacerla desaparecer. Fig. 4.3(d).

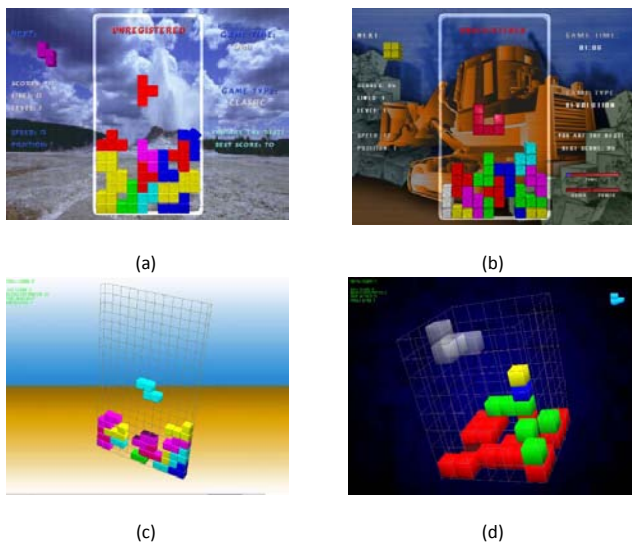


Fig.4. 3 Tetris Arena. Classic Mode (a), Tetris Revolution. Revolution Mode (b)
Tetris Block 3D. Mega Tris Mode (c), Tetris Block 3D. Tetris 3D Mode (d)

➡ El curso en plataforma Nintendo DS, consistirá en jugar en los siguientes modos:

1.-**Tetris Maratón**, es igual que el modo *Tetris Clásico* de la plataforma PC. Una vez eliminadas un número determinado de líneas, se pasa a un nivel superior, en el que las figuras adquieren mayor rapidez de “caída” y por tanto es necesario pensar con mayor rapidez la colocación más adecuada de las figuras. Se manipularán las figuras con los botones de control en la consola. Fig.4.4(a)

2.-**Táctil – Torre**. En este modo de juego, las figuras están apiladas, el jugador debe desplazarlas, rotarlas, mediante el lápiz electrónico, para que formen líneas completas y sean eliminadas. El objetivo es eliminar todas las figuras. Fig.4.4(b)

3.-**Puzle – puzle**. Se proponen 200 ejercicios de puzles, en los que dado “un muro” con huecos, es necesario eliminar todas las líneas del muro, con las tres figuras propuestas, pudiendo rotar las figuras para encajarlas en la forma más conveniente utilizando el lápiz electrónico. Fig.4.4(c)

4.-**Táctil – puzle táctil**. Se proponen 50 ejercicios de puzles, en los que varias figuras están apiladas. Utilizando el lápiz electrónico se deben eliminar líneas según las instrucciones marcadas en la pantalla superior. Fig.4.4(d)

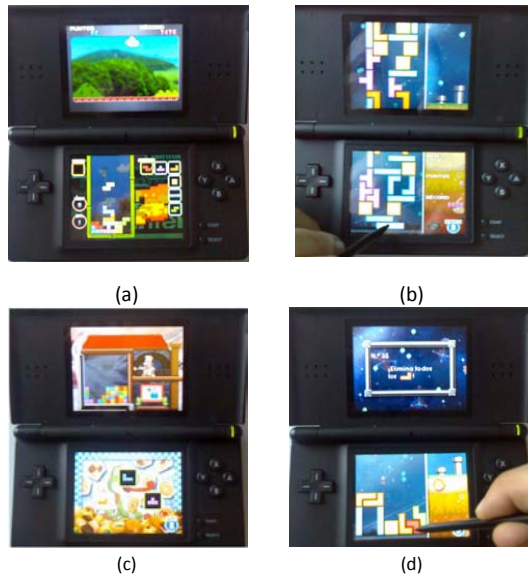


Fig. 4. 4 Tetris Marathon (a) Táctil – Tower (b) Puzzle – Puzzle (c) Táctil – Puzzle-táctil (d).

El horario y los contenidos del curso propuesto a los estudiantes se muestra en la siguiente tabla:

	CURSO PLATAFORMA PC.	CURSO PLATAFORMA NINTENDO DS
LUNES	9:00-10:00 Ficha de Datos. Test MRT // Test DAT-SR 10:00 – 11:00 Tetris Arena: <u>Modo Clásico</u> (10:00 - 10:30) [Anotar nivel más alto conseguido] <u>Modo Avanzado</u> (10:30 - 11:00) [Anotar nivel más alto conseguido]	9:00-10:00 Ficha de Datos. Test MRT // Test DAT-SR 10:00-10:20 Tetris – Normal – maratón [Anotar Nivel y Líneas destruidas y puntos] 10:20-11:00 Táctil-Torre [Anotar puntos nivel 1, nivel 2, nivel 3]
MARTES	9:00-10:00 Tetris Revolution: Modo Revolution. [Anotar nivel más alto conseguido] 10:00-11:00 Block 3D. Modo Mega Tris.	9:00 – 11:00 Continuar con Táctil-Torre si no terminó el día anterior. [Anotar puntos nivel 1, 2, 3] Si termina, comenzar PUZLE – Puzzle . [Anotar el nivel alcanzado]
MIÉRCOLES	9:00-10:00 Block 3D. Modo Mega Tris. 10:00- 11:00 Block 3D. Modo Tetris 3D	9:00-9:30 PUZLE – Puzzle [Anotar el nivel alcanzado (máx. 200)] 9:30-11:00 TÁCTIL – Puzzle Táctil. Puzles 1-50. [Anotar el más alto alcanzado]. Si termina, hacer TÁCTIL-Torre nivel 4 y 5 [Anotar los puntos obtenidos]
JUEVES	9:00- 10:00 Test finales. Test MRT // Test DAT-SR	9:00-10:00 Test finales. Test MRT // Test DAT-SR

Tabla 4. 9 Contenidos y horario del curso de entrenamiento con videojuegos.

4.2.5. Análisis de la influencia del entrenamiento con videojuegos y tipo de plataforma en el desarrollo de las habilidades espaciales.

Se analizan los datos recogidos de la experiencia para dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- El entrenamiento con videojuegos, independientemente del tipo de plataforma en que se juega ¿desarrolla las habilidades espaciales?
- ¿Se desarrollan las habilidades espaciales en las dos plataformas?
- ¿Hay diferencia en la mejora de la capacidad espacial, en función de la plataforma elegida en el entrenamiento?

Se hace notar que no se realiza un análisis estadístico para comparar la ganancia obtenida por los tipos de entrenamiento, ya que las condiciones de partida en cuanto al nivel de capacidad espacial de los participantes seleccionados en el curso NDS son más desfavorables que las del curso PC. El análisis se realiza de forma independiente para cada curso y los resultados se muestran en tablas o gráficos de forma conjunta a fin de poder establecer conclusiones por observación de resultados.

4.2.5.1. Análisis de la mejora consecuencia del entrenamiento con videojuegos.

A partir de la medición de valores de la capacidad espacial antes y después del curso de entrenamiento con los videojuegos (Tabla 4.10), se observa que hay un aumento en las puntuaciones después de hacer el curso. Para comprobar que realmente esta experiencia ha proporcionado una mejora de la capacidad espacial en los participantes, se realiza un análisis estadístico, utilizando la prueba *t-Student*, considerando como hipótesis nula (H_0), el hecho de que los valores medios de las habilidades de visualización espacial no variaron después de la realización del entrenamiento.

	MRT Pre-test Media (SD)	MRT Post-test Media (SD)	Ganancia MRT Media (SD)	DAT:SR Pre-test Media (SD)	DAT:SR Post-test Media (SD)	Ganancia DAT:SR Media (SD)
Total Estudiantes (35)	17.43 (8.21)	25.60 (9.26)	8.17 (4.90)	41.49 (10.31)	50.63 (8.53)	9.14 (4.89)

Tabla 4. 10 Resultados de los niveles de HE antes y después del entrenamiento con videojuego.



El estadístico *t-Student* compara el valor de las medias aritméticas obtenidas para Pre y Post test en la muestra. Las hipótesis sirven para comparar si los valores medios son significativamente diferentes:

- **Hipótesis nula** (H_0 , las dos medias son iguales, es decir, la diferencia de la medias es igual a cero, $m_d = 0$, o sea, $m_{pre} = m_{post}$)
- **Hipótesis alternativa** (H_1 , las dos medias no son iguales, es decir, la diferencia de la media es distinta de cero, $m_d <> 0$, es decir, $m_{pre} <> m_{post}$.)

El estadístico *t-Student* evalúa la diferencia entre medias de dos grupos:

Se calcula el estadístico $t_{cal} = \frac{d}{s\hat{d}/\sqrt{N}}$ y se rechaza H_0 si $|t_{cal}| > t_{N-1}(\alpha)$

Donde, $t_{N-1}(\alpha)$ es un valor que se busca en tablas de distribución *t-student*, tal que:

$Pl_{N-1} > t_{n-1}(\alpha) = \alpha$, se opera con $\alpha = 0.01$ ó $\alpha = 0.05$, en función de la precisión que se busca. Según las hipótesis formuladas un $\alpha = 0.01$, significaría que con un 99% de probabilidad las medias son distintas y $\alpha = 0.05$, significa lo mismo pero con una probabilidad del 95%.

El contraste estadístico *t-Student* calculado es "comparación de medias en poblaciones pareadas".

- Test MRT

$$t_{cal} = \frac{8.12}{4.90/\sqrt{35}} = 9.86 ; t_{34,0.01} = 2.72 ; \rightarrow 9.86 \gg 2.72 ;$$

Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) para $\alpha = 0.01$, de modo que se puede afirmar que las medias de Pre_{MRT} y $Post_{MRT}$, son distintas. El p-valor asociado, según una *t-Student* con 34 grados de libertad al 99% es $1.72E-11$.

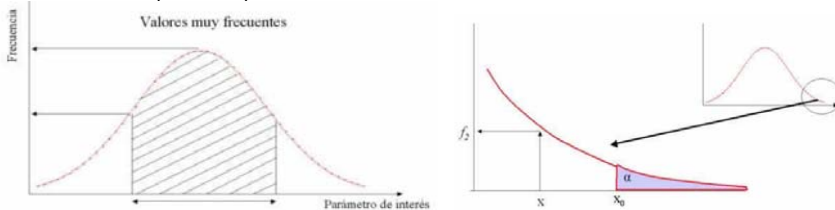
- Test DAT-5:SR

$$t_{cal} = \frac{9.14}{4.89/\sqrt{35}} = 11.05 ; t_{34,0.01} = 2.72 ; \rightarrow 11.05 \gg 2.72 ;$$

Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) para $\alpha = 0.01$, de modo que las medias de Pre_{DAT} y $Post_{DAT}$, son distintas. El p-valor asociado, según una *t-Student* con 34 grados de libertad al 99% es $8.46E-13$.

- En resumen, aplicando *t-student* para series pareadas, en la medición de la componente de *relaciones espaciales* (MRT) p-valor= $1.72E-11$ ($t=9.86$) y para la componente de *visualización espacial* (DAT-5:SR) p-valor= $8.46E-13$ ($t=11.05$), en ambos casos menor que 1 (p-valor <0.01). A la vista de estos resultados, existe una mejora en los resultados con 1% de significación. De modo que la hipótesis nula (H_0) es rechazada y se puede afirmar con 99% de probabilidad que los valores medios del grupo experimental ha obtenido una mejora de las capacidades espaciales mediante entrenamiento con los videojuegos y plataformas propuestas, y con esto se resuelve la primera cuestión planteada.

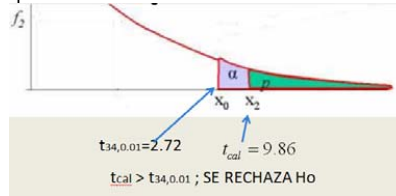
Gráficamente se puede explicar así:



Sobre una campana de Gauss, los valores más frecuentes se concentrarían en la zona central de la curva de distribución. Si se centra la atención en el extremo, cualquier valor por encima de X_0 dejará por encima de él un área bajo la curva de un determinado valor.

Un valor X_0 (obtenido de tablas de distribución *t-student*) que deja el 99% del área por debajo y el 1% del área por encima. En la siguiente imagen, se puede observar que por debajo del valor 2.72 (caso $t_{34,0.01}$), están los valores de muestras que se pueden

considerar similares por estar debajo de la zona "valores más frecuentes" y por encima de él estarían las muestras que son distintas.



4.2.5.2. Análisis de la mejora consecuencia del entrenamiento con videojuegos según tipo de plataforma.

A continuación se analizan los datos obtenidos en función del tipo de plataforma utilizada (tabla 4.11), y se puede observar que los resultados también mejoran con el uso de ambas plataformas.

	MRT Pre-test Media (SD)	MRT Post-test Media (SD)	Ganancia MRT Media (SD)	DAT Pre-test Media (SD)	DAT Post-test Media (SD)	Ganancia DAT Media (SD)
Participantes en PC n=21	20.76 (8.01)	27.48 (9.03)	6.72 (4.54)	40.38 (11.51)	49.67 (8.68)	9.29 (5.09)
Error estándar de la media (SEM)	1.75	1.97	0.99	2.51	1.89	1.11
Participantes en Nintendo DS n=14	12.43 (5.73)	22.79 (9.19)	10.36 (4.76)	43.14 (8.30)	52.07 (8.40)	8.93 (4.76)
Error estándar de la media (SEM)	1.53	2.46	1.27	2.22	2.24	1.27

Tabla 4. 11 Resultados antes y después del entrenamiento en función de la plataforma utilizada.

El lector puede pensar que los valores de la desviación estándar (SD) son altos, pero es importante señalar que para realizar comparaciones de los valores medios, lo que se utiliza es la *desviación estándar* de la variable "media", conocido como *error estándar de la media* (SEM), que viene definida como $SEM = S.D. / \sqrt{n}$

El error estándar de la media (SEM) es la desviación estándar del valor medio de la muestra. También puede ser visto como la desviación estándar del error en la media muestral con respecto a la verdadera media, ya que la media muestral es un estimador imparcial. Es decir, se trabaja con una muestra que representa a la población total la cual tiene un valor medio "verdadero". El valor medio de la muestra, tiene una diferencia con respecto a este valor medio "verdadero", esta diferencia que es *el error estándar de la media*.

La *desviación estándar* (SD) informa de cómo se distribuyen los datos individuales en torno a la media, y el *error estándar de la media* (SEM) informa de cómo de precisa es nuestra estimación de la media.

La Figura 4.5 presenta gráficamente la mejora en las puntuaciones de los test MRT y DAT: SR, en cada uno de los cursos (PC y Nintendo DS).

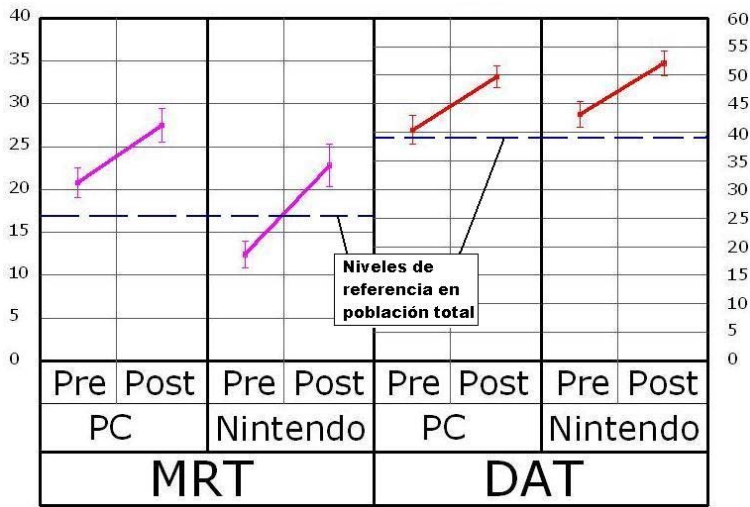


Fig. 4. 5 Valor medio y SEM en las mediciones MRT y DAT

Aplicando de nuevo el estadístico *t-Student*, se comprueba si existe diferencia en las puntuaciones de los valores post y pre test de los participantes que realizan entrenamiento en PC y en Nintendo DS. La tabla 4.12, muestra los cálculos realizados e indica que hay una significación estadística del 1% entre el promedio de las puntuaciones obtenidas antes y después de los cursos, es decir, hay una mejora estadística en los resultados de los dos entrenamientos. Se confirma que la probabilidad de que mejore la capacidad espacial en plataforma PC o en plataforma DS, es mayor del 99%.

	MRT	DAT:SR
Participantes con PC	0,0000014 < 0,01 (t=6.77)	5,87E-8 < 0,01 (t=8.36)
Participantes con Nintendo DS	0,0000018 < 0,01 (t=8.13)	0,0000091 < 0,01 (t=7.01)

Tabla 4. 12 Resultados de la significación estadística en los dos cursos de videojuegos.

Una vez demostrado que jugar en ambas plataformas, y con el videojuego Tetris, mejora considerablemente la capacidad espacial de los participantes, queda resuelta la segunda cuestión planteada y a continuación se aborda la siguiente cuestión:

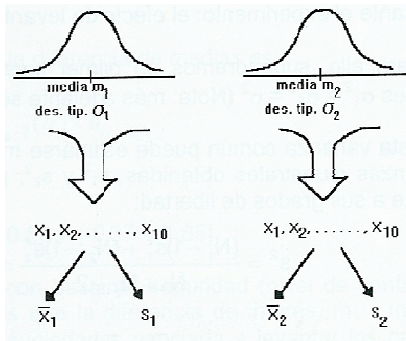
- ¿Hay diferencia estadística significativa en la mejora entre ambos cursos?
¿Cuál de ellos mejora en mayor medida?

De antemano se hace notar que la experiencia ha superado la estimación inicial planteada, que era obtener valores de ganancia superior a 4 puntos (valor esperado en el cálculo del tamaño muestral - Tabla 4.5).

Para determinar cuál de las dos plataformas, PC o Nintendo DS, es más eficiente para desarrollar las habilidades espaciales utilizando el videojuego "tetris", se utiliza de nuevo el

contraste estadístico *t-Student* "Comparación de medias en poblaciones independientes", de manera que es posible conocer desde el punto de vista estadístico, si los valores obtenidos en los dos entrenamientos proporcionan la misma mejora o por el contrario hay diferencias significativas entre ambos y en este último caso es posible conocer cuál de ellos mejora en mayor medida.

El análisis se realiza con dos muestras de distinto tamaño (21 y 14 participantes) y dos tipos de entrenamiento (PC y DS), por ello que sean consideradas muestras independientes. Se compara la ganancia de las puntuaciones en MRT y DAT de las dos muestras en las dos plataformas (DS y PC)



La desviación típica de la diferencia de las medias $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ es el valor estimado que se pretende evaluar. En estos cálculos se supone que las dos varianzas poblacionales son iguales $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$. Esta varianza puede estimarse mediante una s^2 , que será la media de las dos varianzas muestrales obtenidas σ_1^2 y σ_2^2 , ponderadas cada una de ellas a sus grados de libertad.

$$\sigma^2 = \frac{(N_1 - 1)\sigma_1^2 + ((N_2 - 1)\sigma_2^2}{N_1 + N_2 - 2}$$

Si σ_1 representa la desviación estándar de la muestra que entrena en PC y σ_2 la desviación estándar de la muestra que entrena en NDS, n_1 número de participantes en PC y n_2 número de participantes en NDS, la siguiente fórmula representa el error estándar de la diferencia de la media:

$$SE(diff) = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}$$

En este caso, se consideran varianzas iguales, de forma que $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$

Teniendo en cuenta que \bar{x}_1 y \bar{x}_2 son independientes, la desviación típica de $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ puede estimarse mediante la expresión:

$$\sigma_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N_1} + \frac{\sigma^2}{N_2}}$$

Se demuestra que las medias m_1 y m_2 son iguales, si el estadístico $t_{cal} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}}$ se distribuye como una *t de Student* con $N_1 + N_2 - 2$ grados de libertad, entonces hay una probabilidad de $(1 - \alpha)$ que t_{cal} será inferior a $t_{(N_1 + N_2 - 2, \alpha)}$.

Si las medias m_1 y m_2 son distintas, t_{cal} (en valor absoluto) tiende a ser mayor que una *t-Student*.

Los resultados obtenidos una vez realizados los cálculos son:

- **Cálculos para MRT**

$$t_{\text{cal}} = 2.28$$

$$t_{33,0.05} = 2.03 \quad t_{33,0.05} < t_{\text{cal}} \quad (\text{si es significativo, las medias son distintas})$$

El p-valor asociado, según una *t-Student* con 33 grados de libertad al 95% es 0.029 (menor de 0.05)

- **Cálculos para DAT:SR**

$$t_{\text{cal}} = 0.20$$

$$t_{33,0.05} = 2.03 \quad t_{33,0.05} > t_{\text{cal}} \quad (\text{no es significativo, las medias son iguales})$$

El p-valor asociado, según una *t-Student* con 33 grados de libertad al 95% es 0.836 (mayor de 0.05).

☞ En resumen, se obtiene para MRT un p-valor = 0,029 (t=2,28) y para DAT:SR, un p-valor = 0,836 (t=0,20). A la luz de estos resultados, se observa que existe una diferencia significativa en las puntuaciones de MRT pero no lo es para las ganancias en las puntuaciones de DAT:SR. Se puede concluir diciendo que independientemente del tipo de entrenamiento realizado (PC o Nintendo), los participantes adquieren el mismo nivel de *visualización espacial*, sin embargo la componente de *rotaciones mentales*, se desarrolla más en un tipo de entrenamiento que en otro. Para conocer cuál de ellos es superior al otro, es necesario calcular los intervalos de confianza, según los valores obtenidos de cada prueba.

El estadístico *t-Student* que compara las medias de las dos muestras establece los intervalos de confianza o los límites para cada media y para la diferencia entre las medias. En la siguiente tabla se resume los intervalos de confianza para la ganancia en MRT y DAT, en cada uno de los grupos experimentales considerados:

	Intervalo de confianza al 95% de significación (Ganancia en MRT)	Intervalo de confianza al 95% de significación. (Ganancia en DAT:SR)
Ganancia en Nintendo DS	[7,605--13,108]	[6,178--11,678]
Ganancia en PC	[4,647--8,781]	[6,968--11,602]
Diferencia de ganancia entre PC y DS	[0,392--6,893]	[-3,841--3,127]

Tabla 4. 13 Intervalos de confianza para la ganancia de MRT y DAT-5 en los cursos con videojuegos.

Se puede observar que los intervalos de ganancia en DAT:SR, para ambos entrenamientos son similares, en cambio los intervalos en MRT, son distintos. En el intervalo MRT para Nintendo DS, los valores que puede obtener un participante son mayores que los puede obtener un participante de PC.

Es de particular interés el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias en MRT. Dado que el intervalo no contiene el valor 0.0, existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras para un nivel de confianza del 95,0%. No se puede decir lo mismo para la diferencia de las medias en DAT:SR.

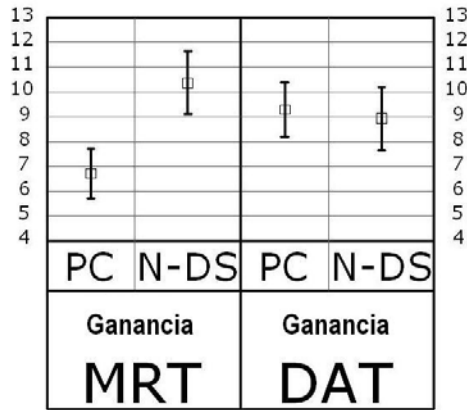


Fig.4. 6 Valores medios de Ganancia y SEM en cada uno de los cursos.

👁 En resumen, la **Ganancia** adquirida en MRT (relaciones espaciales) es mayor en el entrenamiento realizado con el dispositivo de Nintendo DS (10,36 vs 6,72). La ganancia en DAT:SR, se puede considerar la misma en ambas plataformas (9,29 vs 8,93). La diferencia en MRT es estadísticamente significativa, y no lo es la diferencia en DAT:SR. Véase figura 4.6.

Para concluir: a partir de la observación de los resultados, se puede afirmar que el entrenamiento con Nintendo DS, desarrolla en mayor medida las habilidades espaciales.

No se han analizado los resultados en función de si el participante es jugador habitual de videojuegos o no; porque no resulta representativo el valor de ganancia obtenido por el reducido tamaño muestral de participantes en algunos casos.

	Participantes No jugadores	Participantes Si jugadores
Curso NDS	(9)	(5)
Curso PC	No jugadores	Si jugadores
	(3)	(18)

4.3. CURSOS DE DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES BASADOS EN GEOMETRIA DESCRIPTIVA.

4.3.1. Propósito del estudio.

El problema que normalmente se encuentra el alumno a la hora de estudiar los contenidos de Geometría Descriptiva, es que se enfrenta a representaciones gráficas estáticas, bien en papel o en plataforma web que no ofrecen la posibilidad de seguir la secuencia de resolución de los problemas de una forma dinámica y tridimensional.

El objetivo de Geometría Descriptiva es transformar los objetos tridimensionales en proyecciones de dos dimensiones por ello se ha propuesto un visualizador que permita realizar la secuencia de los ejercicios de forma tridimensional y que esta secuencia sea controlada y manipulada por el alumno. Se pretende que el espacio tridimensional pueda ser rotado a cualquier punto de vista con un simple movimiento del ratón. El visualizador mostrará elementos de geometría descriptiva (puntos, rectas, planos, figuras polidricas...), y la secuencia de resolución por el método de sistema diédrico. Además se podrá consultar las proyecciones de los elementos en los planos de proyección.

La experiencia que se plantea realizar, intentará comprobar que el software "Diedro-3D"² (descrita en 4.3.3) y los contenidos que se han creado para el curso de desarrollo de HE, son una buena herramienta para aprender los contenidos de geometría descriptiva y demostrar que estos contenidos pueden mejorar la capacidad espacial.

Para llevar a cabo la investigación se diseña un corto curso de contenidos básicos de proyección Monge (Sistema Diédrico tradicional). Este curso ha sido impartido en dos versiones, según la metodología utilizada. Una versión basada en clases magistrales mediante explicaciones en la pizarra, "Curso GD", y otra mediante clases magistrales y con apoyo de la aplicación informática Diedro-3D, que proporciona al estudiante mayor autonomía en el aprendizaje, "Curso GD-3D". En ambos casos el contenido teórico es el mismo.

Se analiza por un lado el efecto del desarrollo de las habilidades espaciales y el aprendizaje de los contenidos y por otro lado se realiza un estudio de satisfacción mediante encuestas a los alumnos en relación a la metodología y material empleado en los cursos. Además una encuesta sobre el uso de Diedro-3D podrá detectar posibles errores o defectos de la aplicación. El estudio de satisfacción y usabilidad del software se trata en el Capítulo 6.



Varias preguntas han sido objeto de la investigación:

- ¿Los contenidos de sistema diédrico desarrollan las habilidades espaciales de los estudiantes de arquitectura?
- ¿Mejora la capacidad espacial de los estudiantes que realizan el curso GD? ¿y en los estudiantes que utilizan la aplicación Diedro-3D?
- ¿Hay diferencia significativa en lo que respecta a la mejora alcanzada entre los dos cursos?
- ¿Influye el factor género en el desarrollo de las habilidades espaciales?
- ¿Hay diferencias en el aprendizaje de los contenidos de Geometría Descriptiva en los diferentes cursos?

² Desarrollado por Dr. Francisco Albert Gil, del Dto. Ingeniería Gráfica de la Universidad Politécnica de Valencia.

➡ En el estudio se han considerado seis hipótesis nulas (H_0):

- Los estudiantes que realizan cursos de sistema diédrico no mejoran sus niveles de habilidades espaciales.
- No hay diferencia estadística significativa en el desarrollo de habilidades espaciales en el grupo que realiza el curso GD ni en el grupo que realiza el curso con apoyo de Diédrico 3D.
- La ganancia en los niveles de habilidades espaciales en los dos cursos es significativamente la misma.
- Los niveles de visión espacial mejoran más en los hombres si se comparan con las mujeres.
- No hay diferencias en el aprendizaje por parte de los alumnos que cursan distinta metodología.

4.3.2. Curso Diédrico tradicional (curso GD).

4.3.2.1. Materiales y contenidos didácticos.

El objetivo de la Geometría Descriptiva es describir los objetos tridimensionales en dos dimensiones con el fin de poder reconstruir sus formas originales. La Geometría Descriptiva no requiere de cálculos aritméticos, solamente de construcciones gráficas.

➡ *Libro de Apuntes.*

Se ha realizado un pequeño libro de 65 páginas (ANEXO 1) con los contenidos fundamentales de Sistema Diédrico. Se pretende que el libro tenga una doble función: ser un manual para que los estudiantes puedan comprender los fundamentos del sistema diédrico y además ser un manual para aquellos que tienen dificultades de visión espacial, pero que pueden desarrollar mediante el razonamiento espacial. Por lo tanto este material podría ser un buen manual para estudiantes de ingeniería y arquitectura. Los contenidos del curso se muestran en tabla 4.14.

1.	Introducción. Sistemas de representación.
2.	Sistema Diédrico. Representación de punto, recta y plano.
3.	Situación de la recta y el punto en el plano.
4.	Intersección de planos y de rectas con planos.
5.	Paralelismo y perpendicularidad.
	5.1 Paralelismo entre rectas.
	5.2 Paralelismo entre recta y plano.
	5.3 Paralelismo entre dos planos.
	5.4 Perpendicularidad entre recta y plano.
	5.5 Plano perpendicular a una recta.
	5.6 Perpendicularidad entre planos.
	5.7 Perpendicularidad entre rectas.
6.	Mínimas distancias
7.	Poliedros
	- Proyecciones del hexaedro. Estudio de tres Posiciones características de un tetraedro respecto al PH.
	- Proyecciones del tetraedro. Estudio de tres Posiciones características de un hexaedro respecto al PH.

Tabla 4. 14 Contenidos del Curso de desarrollo de HE mediante Sistema Diédrico

4.3.2.2. Participantes.

El grupo de participantes en este curso de diédrico (GD) se denominará a partir de ahora, *Grupo GD*. Está formado por 21 estudiantes (10 hombres y 11 mujeres) que han comenzado sus estudios en la titulación de Arquitectura Técnica. Este grupo es estadísticamente representativo de la población total (ver tabla 4.20).

4.3.2.3. Desarrollo del curso GD.

Antes de comenzar los cursos se ha medido la capacidad espacial de la población total, con los test MRT y DAT-5 (pre-test). Dos días después fueron citados 21 estudiantes de la titulación de Arquitectura Técnica para realizar el curso de desarrollo de habilidades espaciales mediante contenidos de geometría descriptiva, en concreto mediante el sistema de representación Diédrico.

El curso se realizó durante una semana, con una duración de 9 horas. El profesor explicó los contenidos teóricos en la pizarra, durante dos horas diarias. En cada sesión, el profesor propone ejercicios de entrenamiento para que los alumnos puedan resolver y solucionar sus dudas. Los ejercicios los resuelven utilizando material de dibujo técnico (escuadra, cartabón, compás, lápiz...). Durante la realización de este curso, los alumnos no han recibido ningún otro tipo de formación en contenidos de Expresión Gráfica.

El último día, solamente se explicó durante una hora, y a continuación los alumnos realizaron una prueba evaluatoria, los cuestionarios de usabilidad y los post-test para medir de nuevo las habilidades espaciales.

➡ En la tabla 4.15 se muestra la temporalización del curso.

Día	Tema	Horas
1	Introducción. Sistemas de representación. Sistema Diédrico. Representación de punto, recta y plano.	2
2	Situación de la recta y el punto en el plano. Intersección de planos.	2
3	Intersección de planos y de rectas con planos. Paralelismo y perpendicularidad	2
4	Mínimas distancias. Verdadera magnitud	2
5	Poliedros	1

Tabla 4. 15 Temporalización de los contenidos del curso Sistema Diédrico.

En tabla 4.16 se muestran los valores medios y desviación típica de pre, post-test y de la ganancia en MRT y DAT-5.

*(SD) des. std.	Pre- test		Post- Test		Ganancia MRT	Ganancia DAT-5:SR
	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR		
Curso GD n=21	20.81 (7.40)	31.29 (10.41)	27.76 (8.81)	39.43 (9.36)	6.96 (6.68)	8.14 (5.32)

Tabla 4. 16 Media y desviación estándar Pre y Post Test de Grupo "Curso GD".

Las ganancias obtenidas en cada uno de los test son lo suficientemente altas como para considerar el tamaño de la muestra sobradamente suficiente para realizar el análisis estadístico (tabla 4.5).

4.3.3. Curso Diédrico-Visualizador tridimensional (curso GD-3D).

4.3.3.1. Materiales y contenidos didácticos.

Desarrollo del contenido para Diedro 3D.

La aplicación Diedro-3D ha sido desarrollada por el profesor Dr. Francisco Albert Gil, del departamento de Ingeniería Gráfica de la UPV, y la utiliza como herramienta de apoyo en la docencia de geometría descriptiva que imparte en la universidad.

El software Diedro-3D, se ha utilizado como apoyo a la docencia de uno de los cursos con contenidos de geometría descriptiva, de forma que para cada figura del libro de apuntes se ha desarrollado una “escena-3D” que contiene la información necesaria (tabla 4.17) para la representación tridimensional de la misma, es decir, sus puntos, rectas (segmentos de recta definidos por sus dos puntos extremos) y planos (triángulos definidos por sus tres vértices), asignándoles, además colores y, en el caso de los planos, distintos niveles de transparencia. En aquellos casos en los que la figura del libro de apuntes está formada por una secuencia de imágenes explicando algún procedimiento paso a paso, la escena-3D contiene todas las representaciones equivalentes a las imágenes de la figura.

	Puntos			Líneas			Planos		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Coordenadas	---			X	Y	Z	X	Y	Z
Color	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Transparencia	---			---			T		

Tabla 4. 17 Tipo de información para escenarios 3D

Estas escenas-3D están contenidas en pequeños archivos que se pueden visualizar mediante la aplicación Diedro-3D. La aplicación ha sido programada en C++ y emplea la librería gráfica OpenGL para gestionar todo el proceso de visualización de escenas en tiempo real.

Diedro-3D realiza una proyección paralela ortogonal de las entidades gráficas. Para realizar la proyección previamente, a partir de todas las coordenadas de puntos, rectas y planos de cada escena-3D, se calcula el volumen que ocupa y su centro. Los parámetros de la proyección paralela en OpenGL se ajustan para que la escena quede centrada en la pantalla y con un tamaño adecuado (figura 4.7).

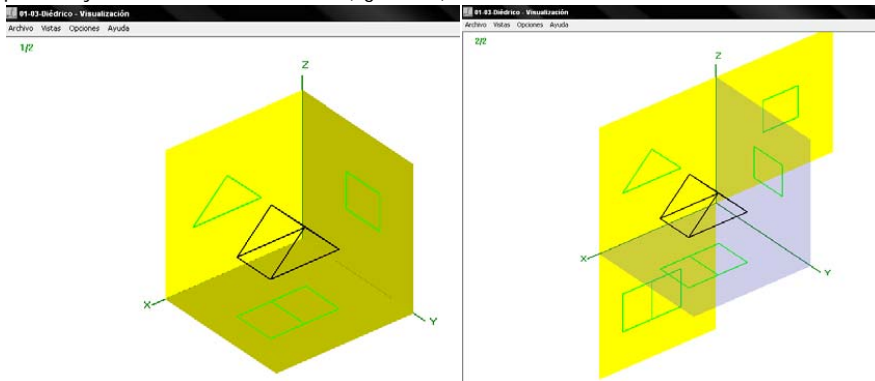


Fig.4. 7 Ejemplo de una escena 3D y proyección ortogonal.

El alumno, puede girar la escena respecto a un eje vertical u horizontal (empleando el ratón), variar el zoom (mediante teclas), o cambiar de paso en las escenas por pasos (también mediante teclas) figura 4.8 y 4.9. Inicialmente, los giros realizados a la escena son los necesarios para que se realice una perspectiva axonométrica, y el zoom es el necesario para que se visualice completamente la menor esfera que contiene a la escena.

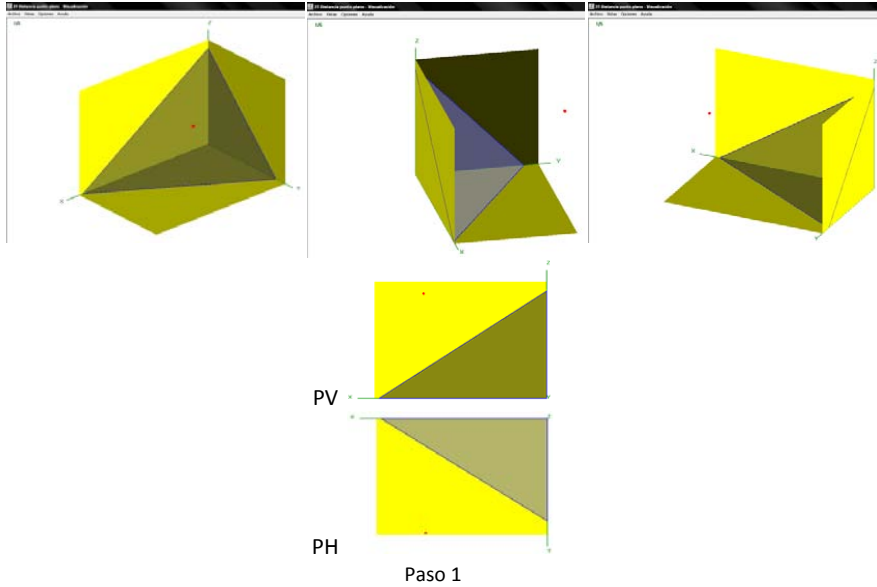


Fig.4. 8 Rotación de la escena sobre ejes horizontal o vertical utilizando el ratón y proyección ortogonal

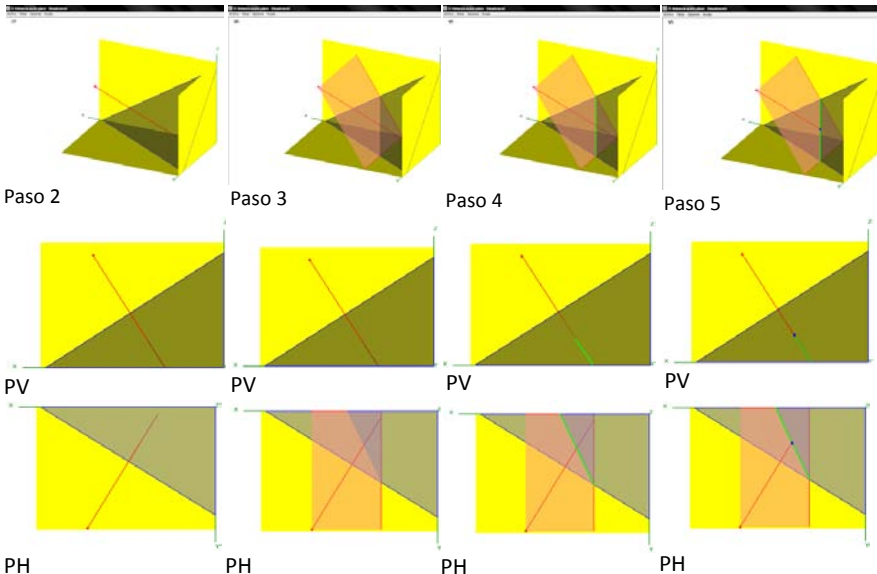


Fig.4. 9 Escenas de un ejercicio, paso a paso y proyección ortogonal

Mediante opciones de menú, existe la posibilidad, de llevar a cabo los giros adecuados para realizar proyecciones ortogonales de especial interés, como son las vistas diédricas (planta, alzado y perfil) y perspectivas axonometricas (isométrica, dimétrica y trimétrica) (figura 4.10).

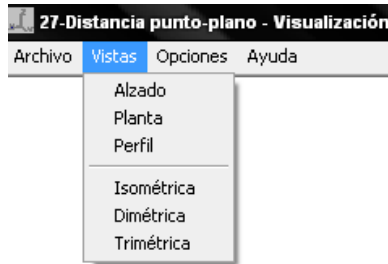


Fig.4. 10 Opciones para obtener Vistas Normalizadas

Cada vez que el alumno interacciona con la escena la proyección se calcula en tiempo real, de forma que ante una secuencia de interacciones (generalmente cambios de punto de vista mediante giros realizados desplazando el ratón) la respuesta se percibe como una animación.

Debido a que las escenas-3D están contenidas en archivos de texto, con una estructura sencilla (se indican las coordenadas, colores y transparencias de puntos, rectas y planos siguiendo un orden determinado), la aplicación puede ser utilizada para mostrar la realización de ejercicios con datos concretos, que el profesor puede confeccionar.

Libro de apuntes.

Los contenidos teóricos de este curso, son los mismos que los del curso GD. Respecto al libro de apuntes se ha realizado una segunda versión del manual para adaptarlo al curso GD-3D, ya que en éste curso los alumnos tienen un apoyo a las explicaciones teóricas con el programa DIEDRO-3D (ANEXO 1). En ésta versión del libro de apuntes, se ha añadido a las explicaciones, una marca ("llamadas de atención") que hace referencia a un archivo de DIEDRO3D, que el alumno puede visualizar y manipular. (👉07.00. Trazas del plano).

4.3.3.2. Participantes.

El grupo de participantes en el curso GD-3D, se denominará a partir de ahora, *Grupo GD-3D*. Está formado por 19 estudiantes (12 hombres y 7 mujeres) que han comenzado sus estudios en la titulación de Arquitectura Técnica. Este grupo es estadísticamente representativo de la población total. (ver tabla 4.20).

Los alumnos disponen de un ordenador personal cada uno, de forma que pueden visualizar en la pantalla la explicación teórica que hace el profesor.

4.3.3.3. Desarrollo del curso GD-3D.

Al igual que se hizo en el curso GD, se citó a los 19 estudiantes que realizarían el curso de geometría descriptiva, utilizando el programa Diedro3D, como apoyo a las explicaciones. Los participantes en el curso GD-3D al igual que los que realizan el curso GD proceden de la titulación de Arquitectura Técnica. Los contenidos teóricos serán los mismos en ambos cursos, la diferencia entre ambos cursos es que el grupo GD, recibe los contenidos teóricos en el aula tradicional y el profesor realizó las explicaciones en la pizarra. El grupo GD-3D, recibe los contenidos en el laboratorio de Expresión Gráfica, en este caso, cada alumno dispone de un ordenador con el programa Diedro 3D, de forma que cuando el profesor explica en la pizarra, el alumno puede visualizar en la pantalla del ordenador, la explicación grafica en el espacio tridimensional, puede manipularlo para verlo desde cualquier punto de vista, y obtener las proyecciones en los planos de proyección horizontal, vertical y perfil.

El curso GD-3D, está planificado exactamente igual que el curso GD. Fue realizado durante una semana, con una duración de 9 horas. En cada sesión, el profesor propone ejercicios de entrenamiento para que los alumnos puedan resolver y solucionar sus dudas. Las explicaciones programadas por el profesor (tabla 4.14), en el curso GD-3D han acabado diariamente entorno a 20-30 min antes de la hora prevista, lo que indica que las explicaciones del profesor han ido más rápido y esto ha sido posible debido a un menor tiempo dedicado por el profesor a dibujar en pizarra y a una rápida comprensión por parte de los alumnos de lo que se estaba explicando. La posibilidad de cambiar de forma dinámica el punto de vista del ejercicio que se está explicando, permite al alumno visualizar y comprender la solución del problema rápidamente.

Durante la realización de este curso, los alumnos no han recibido ningún otro tipo de formación en contenidos de Expresión Gráfica.

Al igual que en el curso GD, el último día, solamente se explicó durante una hora, y a continuación los alumnos realizaron una prueba evaluatoria, los cuestionarios de usabilidad y los post-test para medir de nuevo la capacidad espacial.

Se ha intentado en todo momento cuidar que los dos cursos tuvieran iguales condiciones en cuanto a contenidos y temporalización, mismo profesor e idénticos ejercicios prácticos en ambos cursos, de forma que se pueda evaluar y comparar el efecto de desarrollo de HE en ambas metodologías.

En tabla 4.18 se muestran los valores medios y desviación típica de pre, post-test y de la ganancia en MRT y DAT-5:SR.

*(SD) des. std.	Pre- test		Post- Test		Ganancia MRT	Ganancia DAT-5:SR
	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR		
GD-3D curso n=19	17.32 (9.56)	29.53 (8.44)	26.42 (8.33)	38.53 (5.55)	9.11 (7.83)	9.00 (4.37)

Tabla 4. 18 Media y desviación estándar Pre y post Test de Grupo "Curso GD-3D"

Las ganancias obtenidas en cada uno de los test son lo suficientemente altas como para considerar el tamaño de la muestra sobradamente suficiente para realizar el análisis estadístico (tabla 4.5).

4.3.4. Análisis del desarrollo de la HE en los cursos de Geometría Descriptiva.

Se ha tenido en cuenta un grupo de control, formado por 25 estudiantes procedentes de la población total (445) y que no han realizado ningún tipo de entrenamiento, de manera que se pueden obtener los resultados en función de efecto de realizar o no el curso de entrenamiento.

4.3.4.1. Resultados sobre la medición de la capacidad espacial.

El valor medio de los test MRT y DAT-5:SR en los dos grupos experimentales y grupo de control antes de comenzar los cursos, son similares a los de la población total.

*(SD) des. std.	Pre- test	
	MRT	DAT-5:SR
GD-3D curso n=19	17.32 (9.56)	29.53 (8.44)
Curso GD n=21	20.81 (7.40)	31.29 (10.41)
Grupo Control n=25	17.44 (9.82)	28.40 (10.17)
Población Total N=445	18.65 (8.35)	29.41 (9.18)

Tabla 4. 19 Valores medios de Test MRT y DAT-5:SR antes de comenzar los cursos.

La tabla 4.19, muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA) para las medidas de MRT y DAT-5:SR en los cuatro grupos considerados: población total, Grupo GD, Grupo GD-3D y grupo de control. No hay diferencias significativas en los niveles de capacidad espacial de los grupos antes de comenzar los cursos ($F_{3,441}=0.80$, $p=0.49$ en MRT y $F_{3,441}=0.40$ $p=0.75$ en DAT-5:SR). En ambas pruebas el nivel de significación (p-valor) es muy superior al 5%. Por tanto se considera que todos los grupos son estadísticamente equivalentes en *visualización espacial* y en *rotaciones mentales* antes de comenzar el estudio experimental. Con esta prueba estadística, queda garantizado que los grupos experimentales y el grupo de control, son representativos de la población total.

Resumen de ANOVA para Pre-MRT					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	168.569	3	56.1896	0.80	0.4919
Intra-Grupos	30 805.0	441	69.8527		
Total (Corr.)	30 973.6	444			
Total		445			

(Continúa en pág. siguiente)

Resumen de ANOVA para Pre_DAT-5:SR					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	100.386	3	33.4621	0.40	0.7566
Intra-Grupos	37 353.2	441	84.7011		
Total (Corr.)	37 453.6	444			
Total		445			

Tabla 4. 20 Análisis de Varianza para MRT y DAT-5:SR entre grupos (Curso Sistema Diédrico)

Después de la realización de los dos cursos se ha medido de nuevo la capacidad espacial, en tabla 4.21 se muestran los resultados de pre y post-test obtenidos en cada uno de los grupos. Se ha considerado un grupo formado por todos los alumnos (40) "participantes en cursos de geometría descriptiva".

*(SD) Std. dev	Pre- test		Post- Test		Ganancia MRT	Ganancia DAT-5:SR
	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR		
GD +GD-3D n=40	19.15 (8.57)	30.45 (9.45)	27.12 (8.50)	39.00 (7.71)	7.98 (7.24)	8.55 (4.85)
curso GD n=21	20.81 (7.40)	31.29 (10.41)	27.76 (8.81)	39.43 (9.36)	6.96 (6.68)	8.14 (5.32)
curso GD-3D n=19	17.32 (9.56)	29.53 (8.44)	26.42 (8.33)	38.53 (5.55)	9.11 (7.83)	9.00 (4.37)
Grupo Control n=25	17.44 (9.82)	28.40 (10.17)	22.08 (9.94)	33.52 (11.77)	4.64 (4.36)	5.12 (7.13)

Tabla 4. 21 Valores medios Pre/Post test y ganancia (desv. estándar)

Para el análisis estadístico se utiliza *t-Student*, y se considera como hipótesis nula H_0 , el hecho que los valores medios en las habilidades espaciales no varían al final del curso, dicho de otra forma "los estudiantes que realizan cursos de Geometría Descriptiva, no desarrollan las habilidades espaciales". El resultado de comparar los valores medios pre y post test mediante *t-Student* en series pareadas, se muestra en tabla 4.22 y se han estudiado tres casos:

- Considerando todos los alumnos que han hecho un entrenamiento con contenidos de geometría descriptiva (alumnos de los dos cursos), para conocer el efecto de los contenidos independientemente de la metodología empleada.
- Considerando los alumnos que realizan el curso GD.
- Considerando los alumnos que realizan el curso GD-3D.

En los tres casos estudiados, se rechaza la hipótesis nula, y esto indica que hay diferencia estadística significativa entre los valores medios de post y pre test (tabla 4.22). Por tanto se puede afirmar que hay una influencia positiva de los cursos en mejorar los niveles de visión espacial en las dos componentes *relaciones espaciales* y *visualización espacial*. Los p-valores están muy por debajo del 0.1% de significación estadística lo que indica que con una probabilidad superior al 99.9% los estudiantes desarrollan los niveles de habilidad espacial mediante los cursos de contenidos de geometría descriptiva.

	MRT p-valor	DAT-5:SR p-valor
Curso GD-3D n=19	p=0.00008 < 0.01 t=5.068	p=4.59E-8 < 0.01 t=8.97
Curso GD n=21	p=0.000117 < 0.01 t=4.768	p=8.40E7 < 0.01 t=7.01
GD +GD-3D n=40	p=2.36E-08 < 0,01 t=6.96	p=0 < 0,01 t=11.14

Tabla 4. 22 Nivel de significación comparando puntuaciones Pre vs. Post test (MRT y DAT-5)

Analizando los datos por género - ver tabla 4.23 – se puede observar que los valores de ganancia en MRT y DAT-5:SR para los participantes en los cursos es superior a la ganancia obtenida en el grupo de control (ganancia debida al posible efecto recuerdo).

Grupo GD	*(SD) std. dev	Pre-Test		Post-Test		Ganancia	
		Pre-MRT	Post-MRT	Pre-DAT5:SR	Post-DAT5:SR	MRT	DAT5:SR
Grupo GD	Hombres n= 10	24.60 (6.64)	31.70 (7.56)	31.60 (10.19)	40.90 (10.43)	7.10 (7.91)	9.30 (5.70)
	Mujeres n=11	17.36 (6.52)	24.18 (8.61)	31.00 (11.10)	38.09 (8.56)	6.82 (5.74)	7.09 (4.99)
Grupo GD-3D	Hombres n=12	17.42 (10.55)	27.33 (8.26)	30.92 (8.82)	38.67 (5.61)	9.92 (7.23)	7.75 (4.03)
	Mujeres n=7	17.14 (8.36)	24.86 (8.86)	27.14 (7.78)	38.29 (5.88)	7.71 (9.20)	11.14 (4.38)
Grupo Control	Hombres n=16	20.25 (10.86)	25.19 (9.87)	28.69 (11.01)	32.88 (13.06)	4.94 (4.57)	4.19 (7.54)
	Mujeres n=9	12.44 (4.90)	16.56 (7.75)	27.89 (9.08)	34.67 (9.66)	4.11 (4.17)	6.78 (6.42)

Tabla 4. 23 Datos por género. Valores medios de puntuación Pre/ Post test y ganancia.

La figura 4.11 muestra los niveles obtenidos en los test MRT y DAT-5:SR por hombres y mujeres en cada uno de los cursos realizados.

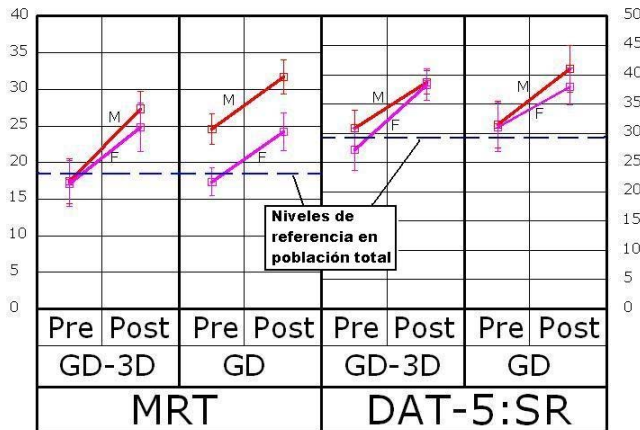


Fig.4. 11 Nivel de habilidad espacial por género antes y después de los cursos.

Por observación parece que no hay diferencias grandes en el desarrollo de HE en cuanto a género utilizando como entrenamiento los contenidos de sistema diédrico. En el test MRT en curso GD, los hombres llegan a tener un nivel más alto de HE que las mujeres,

pero es cierto que ellos parten de un nivel más alto, pero tanto hombres como mujeres tiene una ganancia similar en dicho test. En próximos apartados se realiza el análisis estadístico de estos datos para clarificar desde un punto de vista científico la influencia de estos cursos en las HE.

4.3.4.2. Comparación de resultados entre cursos de diédrico y grupo de control. Influencia del factor género.

Para el análisis estadístico, se ha realizado un análisis de covarianza (ANCOVA-2way). Esta técnica estadística utiliza un modelo de regresión lineal múltiple y busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa, "corrigiendo" las posibles diferencias existentes entre los grupos, en otras variables que pudieran afectar también al resultado (covariantes).



Esta técnica es adecuada para el análisis que se desea realizar porque se permite comparar los valores de los post-test de los diferentes grupos, si se corrigen los pre-test, es decir si se considera que todos parten del mismo valor de pre-test, de modo que ajusta un nuevo valor de post test. De esta forma se pueden comparar los grupos conociendo el valor de post-test ajustado. Además se puede introducir una segunda variable de estudio (el género) de forma que es posible conocer cómo afecta esta nueva variable en los resultados finales.

En este caso, ANCOVA compara el efecto de los tres grupos (control, GD, GD-3D) y del género en la relación espacial y la visualización espacial (MRT y DAT-5: SR), controlando el efectos de pre-test. El método ANCOVA permite eliminar las diferencias de pre-test entre los grupos y con ello ajusta los resultados de post-test, revelando el verdadero efecto del tratamiento experimental. Por lo tanto, se elimina el posible efecto recuerdo del test.

Mediante ANCOVA se comprobó la interacción entre los tres grupos (DG, DG-3D, control) y el género (masculino, femenino) para lo cual se consideró:

- Variables dependientes: medidas post - test
- Co-variables: medidas pre-test
- Variables independientes : género y tipo de curso (DG, DG-3D, control)

El análisis de ANCOVA para probar esta hipótesis se resume en las tablas 4.24 y 4.25.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	3 487.915(a)	6	581.319	16.118	0.000
Intersección	1 518.567	1	1 518.567	42.104	0.000
CO-VARIABLES					
Pre-MRT	2 326.051	1	2 326.051	64.493	0.000
EFFECTOS					
Tipo de Curso	244.123	2	122.062	3.384	0.041
Género	87.926	1	87.926	2.438	0.124
Tipo de curso * Género	1.742	2	0.871	0.024	0.976
Error	2 091.869	58	36.067		
Total	46 807.000	65			
TOTAL (CORREGIDA)	5 579.785	64			

Todos F-ratios están basados en el error medio cuadrático residual.
(a) R cuadrado = 0.625 (R cuadrado corregida = 0.586)

Tabla 4. 24 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post-MRT

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	4 313.090(a)	6	718.848	23.303	0.000
Intersección	1 106.188	1	1 106.188	35.860	0.000
CO-VARIABLES					
Pre-DAT-5:SR	3 782.498	1	3 782.498	122.619	0.000
EFFECTOS					
Tipo de Curso	199.706	2	99.853	3.237	0.046
Género	12.763	1	12.763	0.414	0.523
Tipo de curso * Género	81.508	2	40.754	1.321	0.275
Error	1 789.157	58	30.848		
Total	94 570.000	65			
TOTAL (CORREGIDA)	6 102.246	64			

Todos F-ratios están basados en el error medio cuadrático residual.
(a) R cuadrado = 0.707 (R cuadrado corregida = 0.676)

Tabla 4. 25 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post-DAT-5:SR

Según los resultados del análisis de covarianza en MRT y DAT-5:SR, hay diferencia significativa entre los grupos experimentales y el grupo de control (GD, GD-3D y control). Los resultados muestran $F_{2,58}=3.384$ p-valor=0.041 en MRT y $F_{2,58}=3.237$ p-valor=0.046 en DAT-5, esto indica que con un 95% de probabilidad se puede afirmar que existen diferencias significativas en los niveles de habilidades espaciales en función del tipo de formación recibida. En cambio no hay diferencia estadística por género: $F_{1,58}=2.438$ p-valor=0.12 en MRT y $F_{1,58} = 0,414$ y p-valor= 0,523 en DAT-5:SR, es decir, la mejora en los niveles de habilidades espaciales es similar en hombres y mujeres. Cabe la posibilidad que haya diferencias en la mejora por género en un tipo de entrenamiento (*Tipo de curso * Género*), pero en este estudio se demuestra que el tipo de entrenamiento no influye en que existan diferencias por género ($F_{2,58} = 0,024$, p-valor = 0,976 en MRT y $F_{1,58} = 1,321$ p-valor = 0,275 en DAT-5:SR)

Se realiza de nuevo ANCOVA, eliminando del análisis la variable independiente "género". Las tablas 4.26 y 4.27 muestran el efecto que tiene el tipo de curso sobre las medidas post-test. El efecto es significativo para MRT ($F_{2,61}=3.236$ p=0.046) y para DAT-5:SR

($F_{2,61}=3.701$ $p=0.03$), de forma que se puede afirmar con un 95% de probabilidad que la mejora en los dos cursos (GD y GD-3D) es significativamente distinta, uno mejora más que el otro, y evidentemente ambos cursos, tienen diferencia significativa con respecto a grupo de control.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	3 396.820(a)	3	1 132.273	31.640	0.000
Intersección	1 496.365	1	1 496.365	41.814	0.000
CO-VARIABLES					
Pre-MRT	2 987.316	1	2 987.316	83.477	0.000
EFFECTOS					
Tipo de Curso	231.609	2	115.805	3.236	0.046
Error	2182.965	61	35.786		
Total	46 807.000	65			
TOTAL (CORREGIDA)	5 579.785	64			

(a) R squared = 0.609 (R squared corrected = 0.590)

Tabla 4. 26 Análisis de Covarianza para Post- MRT

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	4 219.957(a)	3	1 406.652	45.586	0.000
Intersección	1 108.822	1	1 108.822	35.934	0.000
CO-VARIABLES					
Pre-DAT-5:SR	3 749.831	1	3 749.831	121.522	0.000
EFFECTOS					
Tipo de Curso	228.388	2	114.194	3.701	0.030
Error	1 882.289	61	30.857		
Total	94 570.000	65			
TOTAL (CORREGIDA)	6 102.246	64			

(a) R squared = 0.692 (R squared corrected = 0.676)

Tabla 4. 27 Análisis de Covarianza para Post-DAT-5:SR

Los resultados de las tablas 4.28 y 4.29 muestran la corrección del valor medio Post-test para cada grupo. El curso GD-3D fue más eficiente que el curso de GD. La columna B muestra el valor de la ganancia para la GD-3D y GD en comparación con el grupo control. El valor de 4,437 para el curso GD-3D puede interpretarse como el aumento real en el nivel de MRT obtenido como consecuencia de haber realizado el curso. En el ajuste se considera que el grupo de Control tiene un aumento de “cero puntos”, de forma que al comparar con el resto de grupos se elimina lo que se ha denominado “efecto recuerdo del test”.

Tipo Curso	Participantes	Media Ajustada	Std. error	Grupos homogéneos	95% Intervalo de confianza	
GD3D	19	27.326 ^a	1.376	X		
GD	21	25.980 ^a	1.320	X		
CONTROL	25	22.889 ^a	1.200			
Parámetros	B	Std.Error	t	Sig	Límite inferior	Límite superior
Intersección	8.669	1.894	4.578	0.000	4.882	12.455
Pre-MRT	0.769	0.084	9.137	0.000	0.601	0.937
GD3D --CONTROL	4.437*	1.821	2.437	0.018	0.796	8.077
GD -- CONTROL	3.091*	1.793	1.723	0.090	-0.495	6.677
GD3D--GD	1.346	.	.	.	.	.
CONTROL	0	.	.	.	.	.

(a). Covariance evaluated Pre-MRT: 18.482

Tabla 4. 28 Valores medios ajustados para MRT y Ganancia real por tipo de curso (Geom. Descr)

Tipo Curso	Participantes	Media Ajustada	Std. error	Grupos homogéneos	95% Intervalo de confianza	
GD3D	19	38.634 ^a	1.274	X		
GD	21	38.137 ^a	1.218	X		
CONTROL	25	34.523 ^a	1.115			
Parámetros	B	Std.Error	t	Sig	Límite inferior	Límite superior
Intersección	10.938	2.330	4.694	0.000	6.278	15.598
Pre-DAT-5:SR	0.795	0.072	11.024	0.000	0.651	0.939
GD3D --CONTROL	4.111*	1.693	2.429	0.018	0.726	7.495
GD -- CONTROL	3.614*	1.657	2.181	0.033	0.300	6.928
GD3D—GD	0.497	.	.	.	.	.
CONTROL	0	.	.	.	.	.

(a). Co-variance evaluated PreDAT-5 SR: 29.661

Tabla 4. 29 Valores medios ajustados para DAT-5:SR y Ganancia real por tipo de curso (Geom. Descrip.)

Este procedimiento de comparación múltiple determina las medias que son significativamente diferentes unas de otras.

Sombreado en las tablas 4.28 y 4.29 se muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de cada par, indica que éstos muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95%. En la parte superior de la tabla se identifican dos grupos homogéneos. El método utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). Con este método, hay un 5% de riesgo de considerar cada par de medias como significativamente idénticas.

☞ La comparación del grupo GD-3D con el Grupo Control revela una ganancia a favor de grupo GD-3D de 4,437 y 4,111 puntos en MRT y en DAT-5: SR respectivamente y la comparación entre el curso de la GD con el grupo control indica una ganancia a favor del primero de 3,091 puntos en MRT y 3,614 puntos en DAT-5 : SR.

De hecho, se puede observar en la figura 4.12 que los participantes en el curso GD-3D fueron mejores que los participantes en el curso de la DG, pero no hay significación

estadística en el beneficio obtenido entre ambos, es decir independientemente del curso, la mejora obtenida es la misma en los dos entrenamientos.

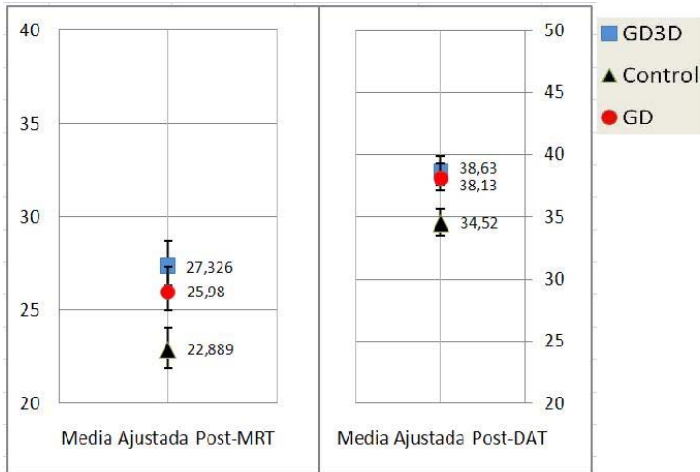


Fig.4. 12 Nivel de HE alcanzado en cursos de Geometría Descriptiva

Aunque no es necesario, porque ya ha quedado demostrado en el cálculo de ANCOVA, se realiza ANOVA, para comparar los resultados de los cursos GD y GD-3D.

Resumen de ANOVA para Ganancia_MRT		CURSO GD vs GD3D			
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	46,2331	1	46,2331	0,88	0,3542
Intra-Grupos	1996,74	38	52,5458		
Total (Corr.)	2042,97	39			

Resumen de ANOVA para Ganancia_DAT-5		CURSO GD vs GD3D			
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	7,32857	1	7,32857	0,31	0,5835
Intra-Grupos	910,571	38	23,9624		
Total (Corr.)	917,9	39			

Tabla 4. 30 ANOVA Curso GD vs GD-3D

ANOVA-one way compara GD vs GD-3D y obtiene, para MRT: $F_{1, 38} = 0,88$ $p = 0,354$ y DAT-5: SR: $F_{1, 38} = 0,31$ $p = 0,583$. En ambos casos, el nivel de significación es mayor que 0.05, se confirma de nuevo que la ganancia obtenida por los participantes es similar en ambos cursos. Véase Tabla 4.30.

- En las tablas 4.28 y 4.29 se ha puesto de manifiesto que hay diferencias entre cada uno de los cursos de geometría descriptiva y el grupo de control, pero no hay diferencia en la mejora obtenida por los dos cursos, es decir, desde el punto de vista estadísticos, ambos cursos los participantes mejoran por igual.

4.4 CURSO DE DESARROLLO DE LA HABILIDAD ESPACIAL BASADO EN TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA.

4.4.1 Propósito de estudio.

Los estudiantes que acceden a la universidad están familiarizados con las nuevas tecnologías y el uso de los ordenadores. El mundo del ocio y el entretenimiento en la última década ha desarrollado dispositivos muy atractivos para el sector más joven de la población, llegando al hecho de convertirse en dispositivos y tecnologías casi imprescindibles.

Las nuevas generaciones de alumnos que llegan a las aulas de Expresión gráfica prestan más atención y se sienten más interesados cuando los profesores utilizan herramientas CAD para realizar ejercicios, materiales multimedia para explicar, recursos web, plataformas virtuales para entregar ejercicios, tutorías virtuales, comunicación vía foros... y muestran poca motivación y aburrimiento con los ejercicios realizados en lápiz y papel con herramientas tradicionales de dibujo técnico (Del Rio, Cobos, & Martínez, 2007), (Lorca, Merino, Recio, Ocaña, & Vicario, 2005), (Martin, Aperribay, Garmendia, Perez, Albisua, & San Martin, 2007).

Al comenzar el año académico se propone a los estudiantes, cursos cortos para desarrollar las habilidades espaciales. En los cursos basados en realizar ejercicios de croquizados y en soporte papel y lápiz se corre el riesgo de que los alumnos lo abandonen debido al aburrimiento, poca motivación y falta de atractivo de las tareas, por ello se intenta que los contenidos y las tareas a desarrollar tengan como soporte una tecnología atractiva, que pueda llamarles la atención y estén interesados por seguir el entrenamiento.

Con objeto que las tareas no se conviertan en una rutina y los estudiantes dejen de tener interés por el entrenamiento y la tecnología, el entrenamiento propuesto será corto, con distintos tipos de ejercicios y formas de utilizar la herramienta, de modo que no les dé tiempo repetir tipos de ejercicios y considerar la nueva herramienta como repetitiva. Abordándolo de esta forma se intenta que la herramienta utilizada para el entrenamiento pueda favorecer la adherencia del estudiante al curso.

El equipo de Human Centered Technology – (LabHuman)³ de la Universidad Politécnica de Valencia, dispone de una brillante trayectoria en el desarrollo proyectos centrados en tecnologías de última generación con objeto de servir para mejorar la calidad de vida de las personas. Ha habido una colaboración con este centro, con el objetivo de desarrollar una aplicación que pudiera servir para mejorar la capacidad espacial de los estudiantes de ingeniería. La herramienta creada está basada en la tecnología de realidad aumentada. Esta tecnología, tiene un gran potencial de uso y llama mucho la atención del usuario que la utiliza por primera vez. Si invitamos al usuario a interactuar con esta tecnología, la curiosidad por conocer cómo se mueven los objetos virtuales, manipularlos, etc... consiguen el entretenimiento. El uso de una tecnología poco usual, le puede motivar y en función de los contenidos didácticos que se utilicen, produce de forma indirecta, el aprendizaje de la materia.

³ www.labhuman.com

En la revisión bibliográfica, se hace referencia a una aplicación basada en RA, que sirve de apoyo a la docencia de geometría en matemáticas (Kaufmann H. , 2002) . Los autores de Construc3D, han utilizado la herramienta para comprobar si desarrolla la HE, y obtienen resultados favorables, aunque el objetivo de esta herramienta es docente (Kaufmann, Steinbügl, Dünser, & Glück, 2003).

La aplicación de realidad aumentada desarrollada, necesita de un libro que contiene marcas fiduciales que codifican los modelos virtuales tridimensionales que contiene la aplicación. El alumno puede girar el libro con las manos, moviendo la marca y por tanto podrá ver el modelo desde cualquier punto de vista. **Para el desarrollo de la HE, se introduce una nueva variable que hasta ahora no se había tenido en cuenta y es tener que coordinar manos y mente para visualizar el punto de vista que el usuario quiere.**

En resumen, se propone diseñar y crear una herramienta basada en Realidad Aumentada para desarrollar las HE en estudiantes de ingeniería. Para validar la herramienta se realiza un curso de entrenamiento y se comprueba si los niveles de HE alcanzados por los participantes mejoran de forma significativa. También se realiza un estudio de satisfacción y usabilidad de la herramienta que se desarrollará en el Capítulo 6.

4.4.2 Materiales y contenidos didácticos.

4.4.2.1 Desarrollo AR-Dehaes.

Aunque hay varias bibliotecas públicas con capacidad para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada, la librería HUMANAR, desarrollada por LabHuman, garantiza la integración de las aplicaciones que se realizan en este centro y superan ciertos inconvenientes que presentan algunas de estas bibliotecas públicas (ARtoolKit, MRXtoolKit...).

El principal problema a resolver en este tipo de aplicaciones es encontrar la transformación entre el sistema del mundo real y el sistema de la cámara. Conocida esta relación se puede configurar una cámara que pueda insertar objetos tridimensionales en la escena real.

La aplicación desarrollada para este trabajo (AR_DEHAES) utiliza las librerías de HUMANAR lo que la convierte en una aplicación totalmente estable. Esta biblioteca, al igual que otras similares, utiliza técnicas de visión por ordenador para calcular y relacionar el punto de vista de la cámara con el de la marca en el mundo real, es decir, trata de calcular en tiempo real, la integración en el espacio real captado por la cámara, los objetos virtuales tridimensionales codificados por la marca. Al entrar la marca en la escena que capta la cámara, en la pantalla de la cámara se fusiona el mundo real con el objeto virtual, para ello debe relacionar ambos mundos en un mismo punto de vista.

Los principales aspectos técnicos para el desarrollo de las aplicaciones de realidad aumentada se exponen de forma general en el apéndice de esta obra (apartados 5 y 8). Con respecto al desarrollo de la aplicación AR_DEHAES se comentan algunas particularidades sobre los aspectos técnicos:

- 1.- Marcas de detección.
- 2.- Calibración de la cámara.
- 3.- Cálculo de la posición y orientación de la marca.
- 4.- Aumentación del objeto virtual.

Marcas de detección.

La biblioteca HUMANAR soporta dos tipos diferentes de marcas (figura 4.13):

- Marcas-plantillas.
- Marcas basadas en figuras, códigos de letras o palabras.

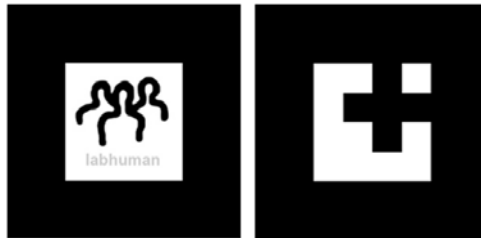


Fig.4. 13 Tipo de Marcas fiduciales en HUMANAR (Izq. Marcas basadas en figuras y Dcha. Marcas-plantilla)

La cámara captura la imagen de la marca fiducial y el programa “binariza” esta imagen de la marca, dicho de otra forma, reconvierte la imagen en píxeles con unas características determinadas para poder reconocerla, y lo puede hacer de dos formas:

- Utilizando un umbral fijo.
- Utilizando un umbral adaptativo.

En el caso de utilizar un umbral fijo, se recomienda trabajar en circunstancias ideales, donde la iluminación y los parámetros de la cámara son constantes.

El valor del umbral en las marcas de la librería HUMANAR, se ha basado en la técnica desarrollada por Pintaric (2003). Básicamente este algoritmo opera sobre marcas y evalúa la luminancia media de los píxeles en una región umbral de interés.

El siguiente paso es detectar el contorno de la marca y extraer los patrones (pattern) que contiene. El perímetro (marco) de píxeles negros representa una frontera para los patrones que contiene la marca. De modo que todos los píxeles que forman el patrón están dentro de la frontera. A la hora de detectar píxeles de igual luminancia, el polígono resultante (marco del perímetro-negro) es lo suficientemente grande y tiene exactamente cuatro lados, se considera una marca que puede utilizarse, ya que ha pasado con éxito el proceso de identificación. A continuación, el patrón se normaliza mediante una transformación de perspectiva. La transformación se aplica a partir de los puntos extremos del marco (ver fig. 4.14) y se extrae la parte interior de la marca (el pattern). El siguiente paso es identificar este patrón. Según el tipo de marcador la identificación es distinta:

- Las marcas basadas en figuras, códigos, letras, debe ser diseñada de tal manera que se pueda detectar fácilmente y de forma inequívoca. Cada marcador debe proporcionar algún tipo de código hexadecimal que fije la orientación del marcador.



Fig. 4. 14 Ejemplo de normalización de un patrón.

- En las marcas-plantillas, el patrón puede tener cuatro posibles orientaciones. Se compara la imagen en función de las posibles orientaciones y se pueden utilizar varios métodos para comparar imágenes. El error medio cuadrático (EMC) es una medida común para buscar la similitud en las imágenes, especialmente cuando hay degradación de la imagen (Fiala, 2004). Valores pequeños de error medio cuadrático, indican similitud, pero en este caso no se tiene en cuenta el valor de la luminancia.

Un mejor enfoque es utilizar el coeficiente de correlación. En este caso se calculan las desviaciones media y estándar para la imagen y el patrón. Si el coeficiente de una imagen excede del umbral fijo (0,5) la imagen se considera reconocida como igual. Este método tiene varias desventajas en las marcas basadas en figuras, porque pueden darse falsos positivos y generar confusión entre las marcas.

Calibración de la cámara.

En HUMANAR, para estimar el movimiento tridimensional de la cámara a partir de las imágenes capturadas, se utiliza una única cámara calibrada y marcadores en la escena. El tracking con marcadores consiste en introducir en la escena marcas que ayuden a extraer la transformación para la cámara virtual. Estas marcas en papel son iconos impresos (fig 4.13) que el sistema reconocerá y asociará a un elemento vinculado. Este método tiene una precisión muy alta y consigue errores inferiores a un milímetro en la posición y de un grado en la orientación.

Para calcular el verdadero punto de vista de cámara en relación con la marca del mundo real es necesario conocer la matriz intrínseca de la cámara, K y el vector γ de los parámetros de distorsión (parámetros intrínsecos).

$$K = \begin{bmatrix} f_x & \sigma & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \gamma = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 1})$$

Donde f_x, f_y son respectivamente las componentes de la longitud focal en la dirección x e y , (c_x, c_y) son las coordenadas del centro óptico de la cámara, α_1, α_2 son los parámetros de distorsión radial y β_1, β_2 los parámetros de distorsión tangencial. El valor σ es el error de posición de la cámara en los ejes X e Y .

Los pasos seguidos para realizar la calibración ha sido el propuesto por Zhang (2000). El algoritmo establece una correspondencia entre puntos de la imagen en 2D y los puntos 3D de la escena. El resultado es la matriz intrínseca de la cámara, así como los coeficientes de distorsión radial. El resultado es que la escena esté en un mismo plano y para obtener buenos resultados, este plano debe ser diferente para cada imagen calibrada.

Estimación de la posición de las Marcas

La posición de la cámara puede ser estimada cuando los parámetros internos son conocidos. La relación entre una escena 3D y la proyección de la imagen se puede representar por una matriz homogénea 3x3, denominada matriz homográfica. Se considera $Z=0$ porque la marca estará sobre un plano. Dado un conjunto de puntos en un plano que llamado *plano de referencia*, se busca su correspondencia en el plano imagen a un *plano homográfico*, también conocida como transformación proyectiva en el plano. Mediante esta matriz se determina la transformación de los puntos en el espacio a puntos en el plano imagen.

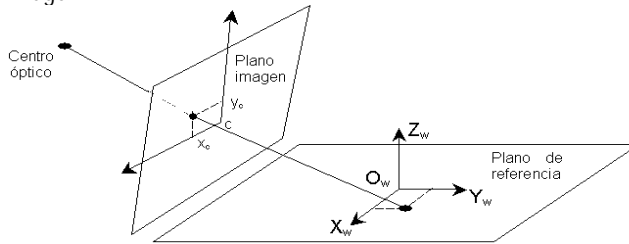


Fig 4. 15 Relación plano de referencia de Marcas y plano imagen

La expresión de la homografía H asigna a un punto del plano de referencia su correspondiente punto en el plano imagen. Se define al matriz homográfica H como:

- donde H es una matriz que describe la homografía.
- Sistema de coordenadas de la escena $\mathbf{X} = (X_w, Y_w, W)^T$, con $Z_w = 0$.
- Sistema de coordenadas imagen $\mathbf{x} = (x_c, y_c, w)^T$.

Un punto P en la escena, tendrá su correspondiente punto 2D (p), en la imagen bajo la perspectiva $Q = K [R / T]$:

$$\hat{p} = Q\hat{P} = K(R^1 R^2 R^3 t) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = K(R^1 R^2 t) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 2})$$

Donde R^1 , R^2 and R^3 son la primera, segunda y tercera columna de la matriz de rotación R.

Una vez que se conocen H y K (matriz de rotación y matriz de parámetros internos de la cámara), la posición de la cámara es conocida. La matriz H se puede estimar a partir de cuatro correspondencias de puntos $P_i \leftrightarrow p_i$ usando un algoritmo de Transformación Lineal Directa (DLT).

- Para cuatro puntos, se puede determinar la matriz H:

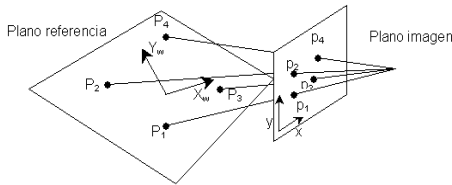


Fig 4. 16 Relación homográfica para cuatro puntos.

A partir de $H_w = K(R^1 R^2 t)$, el vector de traslación t y las dos primeras columnas de la matriz R de rotación de la posición de la cámara se pueden obtener por el producto $K^{-1}H_w$. La última columna, R^3 última columna viene dada por el producto $R^1 \times R^2$ de modo que R debe ser ortonormal.

En general, la posición de la cámara se puede definir aún más, ya que los procesos anteriores son sensibles al "ruido" de las imágenes y, por tanto, se produce una falta de precisión y el fenómeno "jitter". Si las mediciones de los puntos para hacer las transformaciones, son "ruidosos", la posición de la cámara se plantea reduciendo al mínimo la suma de los errores de la proyección (cuadrado de la distancia entre los puntos 3D de la proyección y los puntos 2D, medidos por sus coordenadas). Por lo tanto, se puede escribir:

$$[R|t] = \arg \min_{[R|t]} \sum_i ||Q\hat{P}_i - p_i|| \quad (\text{Eq. 3})$$

La ecuación 3 se resolverá mediante el algoritmo Levenberg-Marquardt (LM) (Moré, 1978). Este método proporciona una solución numérica para el problema de minimizar una función, por lo general no lineal. Normalmente esto se utiliza en la minimización de los mínimos cuadrados de ajuste de curvas y en modelos no lineales.

La figura 4.17 muestra un diagrama del proceso para integrar la biblioteca HUMANAR en el entorno real.

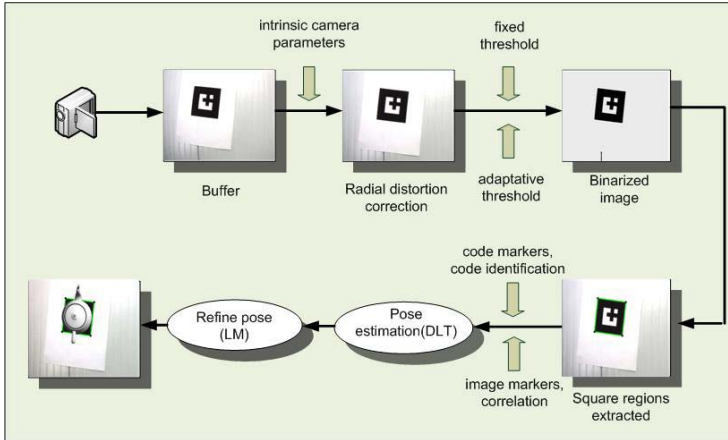


Fig.4. 17 Proceso para integrar HUMANAR en entorno real.

Objetos virtuales aumentados

El motor gráfico usado para aumentar el objeto virtual en la escena es Brainstorm eStudio⁴. Se trata de un software que proporciona herramientas de presentación de gráficos en 3D en tiempo real. Con el fin de incluir la funcionalidad de Realidad Aumentada en Brainstorm Studio, en Lab-Human se ha desarrollado un plug-in en lenguaje C++. Este plug-in incorpora la detección y el seguimiento de las opciones de la biblioteca HUMANAR descrito anteriormente.

HUMANAR presenta varias ventajas sobre otras bibliotecas de realidad aumentada más populares como ARToolKit⁵. Entre otras se pueden citar:

- Soporta para diferentes tipos de marcadores (Marcas-plantillas de ARToolKit y marcas basadas identificación de patrones de figuras, letras...).
- Borde de la marca puede ser variable, lo que proporciona mayor área para incluir el patrón-pictograma y menor borde negro. Esto aumenta la detección de pictogramas pequeños.
- El tamaño del patrón variable (16x16, 32x32, 64x64 ...)
- Utiliza un umbral de adaptación para evitar las variaciones de iluminación en la escena.
- Dispone de una interfaz gráfica para la calibración de la cámara y la creación de patrones.
- Menos de jitter que ARToolKit, es decir, más estable por tanto menos saltos de imagen.

4.4.2.2 Descripción del contenido didáctico.

AR-Dehaes, está formada por un software informático, un video explicativo de contenido teórico, un cuaderno de ejercicios y un libro interactivo 3D "Virtual Augmented Book". Actualmente no se conoce una traducción académicamente correcta al castellano para

⁴ Brainstorm eStudio website: <http://www.brainstorm.es/pages/estudio.html>

⁵ ARToolKit web site: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

esta terminología, también llamada "MagicBook" aunque en algunas referencias bibliográficas se refieren a él como "Libro aumentado".

AR-Dehaes proporciona a los estudiantes un conjunto de diferentes tipos de ejercicios para entrenar las habilidades espaciales mediante realidad aumentada.

- El software contiene los modelos virtuales en tres dimensiones. Estos modelos se visualizarán en la pantalla del ordenador cuando la marca fiducial esté en el campo de visión de la webcam.
- El video explicativo tiene una duración de 6 minutos. En él se explican los contenidos teóricos básicos sobre obtención de vistas normalizadas y croquización (fig. 4.18).
- El cuaderno de trabajo contiene los ejercicios y preguntas formuladas al alumno referente al modelo virtual, el alumno debe contestar en este cuaderno (fig.4.19).
- El libro aumentado, contiene las marcas fiduciales correspondientes a las figuras tridimensionales virtuales, Este cuaderno puede ser manipulado con libertad, de forma que el usuario pueda ver el modelo virtual desde cualquier perspectiva (fig. 4.20).

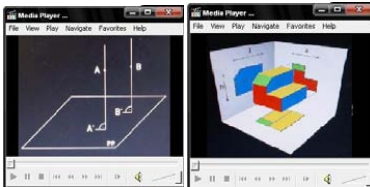


Fig.4. 18 Contenidos teóricos en video



Fig.4. 19 Cuaderno de ejercicios y Augmented Book

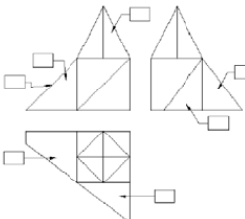
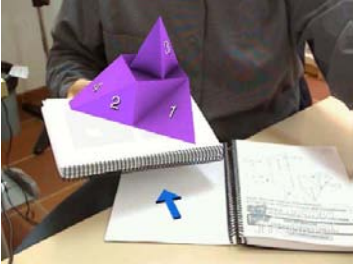
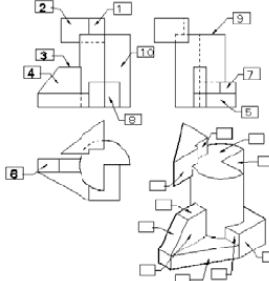
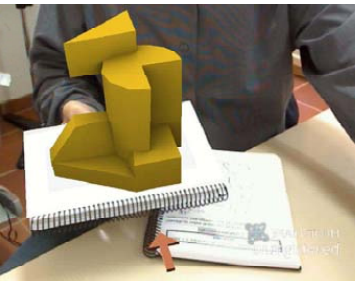
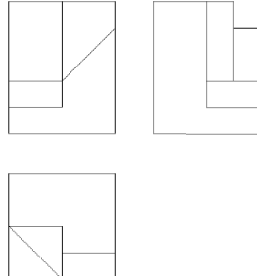
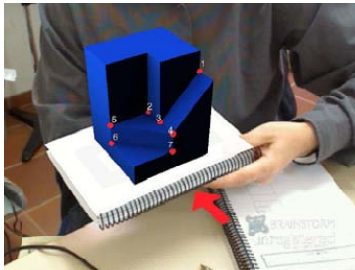


(a) (b) (c)

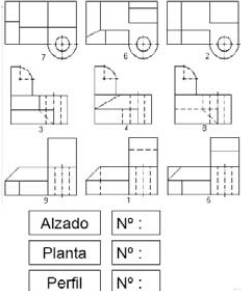
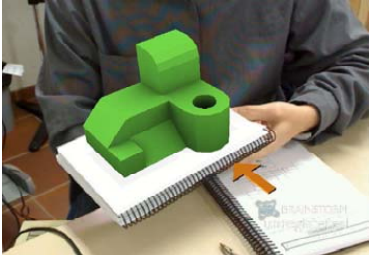
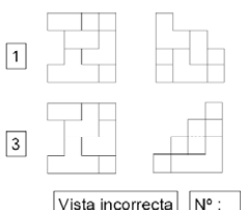
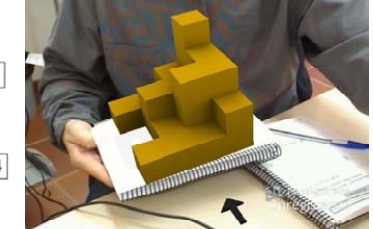
Fig.4. 20 Estudiantes utilizando AR_Dehaes (a), monitor ordenador (b), pantalla - proyector (c).

El curso está estructurado en cinco niveles y cada uno de ellos tiene varios tipos de ejercicios.

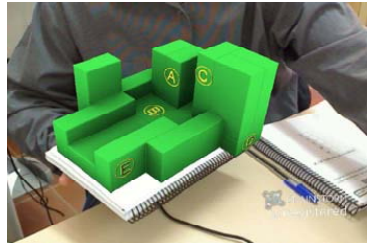
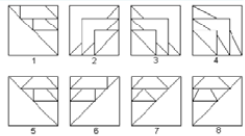
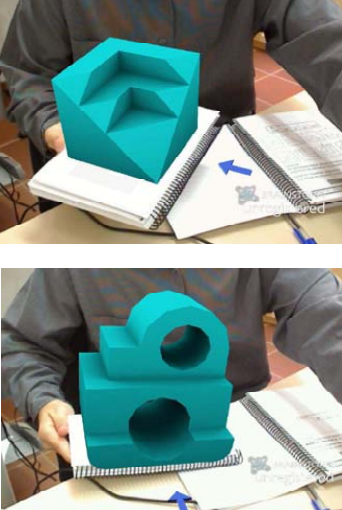
Nivel 1. Reconocimiento. En este nivel el alumno identificará las vistas de un objeto tridimensional. Los ejercicios están tipificados para identificar superficies y vértices de las piezas en las vistas ortográficas del papel y en los modelos virtuales tridimensionales.

<p>Nivel 1.1 Identificación de superficies en vistas. Dato Modelo tridimensional. (10 ejercicios)</p>		
<p>Ejercicios Nivel 1.1. Identificación de superficies en vistas. Se facilita el modelo tridimensional virtual, de modo que las caras están numeradas. En el cuaderno se representan las vistas normalizadas del objeto y el alumno debe marcar el número de las caras en cada una de las vistas.</p>		
<p>Nivel 1.2. Identificación de superficies en el modelo tridimensional. Dato Vistas normalizadas. (10 ejercicios)</p>		
<p>Ejercicios nivel 1.2. Identificación de superficies en el modelo 3D. El alumno dispone en el cuaderno de las vistas de una pieza. De forma que las caras están numeradas. El alumno debe identificar estas caras en el modelo tridimensional. Para facilitar la tarea de escritura, deben escribir sobre una perspectiva isométrica que representa al modelo tridimensional.</p>		
<p>Nivel 1.3. Identificación de vértices en vistas normalizadas. Dato modelo tridimensional. (6 ejercicios)</p>		
<p>Ejercicios nivel 1.3. Identificación de vértices en vistas. Se proporcionan los modelos tridimensionales con los vértices marcados y numerados. En el cuaderno se facilitan las vistas de las piezas. El alumno debe identificar los vértices en las vistas normalizadas.</p>		

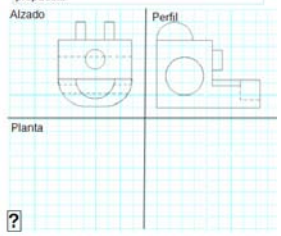

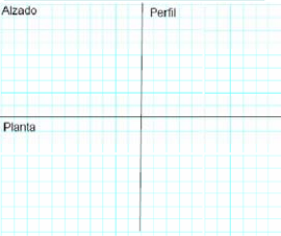

Nivel 2. Comprensión. En este nivel se proponen ejercicios de localización de vistas mediante dos tipologías de ejercicios. Los estudiantes tienen que identificar las vistas ortográficas normalizadas en el libro de ejercicios, teniendo presente el modelo virtual en pantalla.

<p>Nivel 2.1. Identificación de Vistas. (12 ejercicios)</p>		
<p>Ejercicios Nivel 2.1. Identificación de vistas. El modelo virtual es visualizado en pantalla. Realizando operaciones de giro, el alumno puede ver la pieza desde cualquier punto de vista. Debe identificar en el cuaderno de ejercicio la solución de las vistas normalizadas.</p>		
<p>Nivel 2.2. Discriminación de vistas. (15 ejercicios)</p>		
<p>Ejercicios Nivel 2.2. Discriminación de vistas. El modelo virtual es visualizado en pantalla. Realizando operaciones de giro, el alumno puede ver la pieza desde cualquier punto de vista, en el cuaderno de ejercicios se plantean varias vistas del modelo, de las cuales una es incorrecta y debe identificarla.</p>		

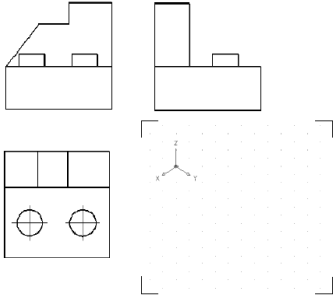
Nivel 3. Análisis. El nivel de complejidad aumenta en estos ejercicios, dado que a partir de un todo, el alumno ha de valorar las relaciones de unos elementos con respecto a otros, estableciendo aquellas relaciones que le permitan un conocimiento de cada una de las partes del objeto por separado. El alumno debe ser capaz de orientarse espacialmente y abstraer la información necesaria. Los ejercicios están dedicados a la identificación de las relaciones espaciales entre objetos para ello es preciso conocer la relación espacial de unos elementos con respecto a otros. También hay ejercicios sobre la selección del número mínimo de puntos de vista para definir completamente un objeto.

<p>Nivel 3.1. Recuentos (9 ejercicios)</p>	<p>NIVEL 3.1. RECUENTOS</p> <p>ANÁLISIS</p> <p>Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.</p> <p>Nº de prismas en contacto:</p> <p>A: <input type="text"/></p> <p>B: <input type="text"/></p> <p>C: <input type="text"/></p> <p>D: <input type="text"/></p> <p>E: <input type="text"/></p>																			
<p>Ejercicios Nivel 3.1. Recuento. A los estudiantes se les pide identificar el número de objetos en contacto con uno seleccionado.</p>																				
<p>Nivel 3.2. Selección del número mínimo de vistas ortográficas que definen el objeto. (10 ejercicios)</p>	<p>NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS</p> <p>ANÁLISIS</p> <p>Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición. Indica en el recuadro el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.</p>  <table border="1" data-bbox="486 1082 646 1119"> <tr> <td>Vista Nº</td> <td>A1z</td> <td>PI</td> <td>PI</td> <td>Otra</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p>NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS</p> <p>ANÁLISIS</p> <p>Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición. MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.</p> <table border="1" data-bbox="492 1346 634 1392"> <tr> <td></td> <td>A1z</td> <td>PI</td> <td>PI</td> </tr> <tr> <td>Vista Nº</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Vista Nº	A1z	PI	PI	Otra		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		A1z	PI	PI	Vista Nº	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vista Nº	A1z	PI	PI	Otra																
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																
	A1z	PI	PI																	
Vista Nº	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																	
<p>Ejercicios nivel 3.2. Vistas mínimas. A partir de una pieza, visualizada en realidad aumentada, el alumno de extraer mentalmente cuales son las vistas mínimas que definen el objeto.</p>																				

Nivel 4. Síntesis. Es un nivel más alto de dificultad que los anteriores. A la hora de preparar estos ejercicios se han seleccionado para trabajar con piezas cada vez más complejas, de modo que la dificultad sea creciente.

<p>Nivel 4.1 Obtención de la tercera vista. (12 ejercicios)</p>	<p>NIVEL 4.1. OBTENCIÓN DE VISTAS</p> <p>SÍNTESIS</p> <p>Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.</p> <p>Alzado Perfil</p> <p>Planta</p>  
<p>Nivel 4.1. Obtención tercera vista. El estudiante dispone del modelo virtual, y en el ejercicio de las tres posibles vistas normalizadas (Alzado, planta o perfil) se le facilitan dos, y él debe croquizar la tercera vista que falta.</p>	
<p>Nivel 4.2 Obtención de vistas. Dato modelo tridimensional. (10 ejercicios)</p>	<p>NIVEL 4.2. OBTENCIÓN DE VISTAS</p> <p>SÍNTESIS</p> <p>Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.</p> <p>Alzado Perfil</p> <p>Planta</p>  
<p>Nivel 4.2. Obtención de vistas. El estudiante dispone del modelo virtual y debe croquizar las tres vistas normalizadas que definen el objeto.</p>	

Nivel 5. Evaluación. Este nivel evalúa la capacidad de aprendizaje del alumno en cuanto a contenidos de comprensión de vistas normalizadas. Es el nivel que presenta mayor dificultad para los estudiantes, porque requiere un alto nivel de habilidad espacial. El alumno debe ser capaz de recomponer mentalmente el objeto tridimensional a partir de tres vistas normalizadas, y debe dibujar una perspectiva a mano alzada de cada pieza. En este ejercicio el alumno integra en su mente todos los niveles anteriores. Cuando ha finalizado los ejercicios del nivel 5, el alumno puede comprobar la solución, visualizando los objetos tridimensionales en realidad aumentada.

<p>Nivel 5. Obtención de perspectiva. Dato vistas mínimas. (6 ejercicios)</p>	<p>NIVEL 5. OBTENCIÓN DE PERSPECTIVAS.</p> <p>EVALUACIÓN</p> <p>Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.</p> 
<p>Nivel 5. Obtención de Perspectivas. El estudiante dispone de las tres vistas normalizadas y debe dibujar la perspectiva isométrica. Puede comprobar la solución si visualiza el modelo virtual, disponible en libro aumentado.</p>	

El entrenamiento de habilidades espaciales con **AR-Dehaes** contiene 100 ejercicios y ha sido diseñado específicamente para el desarrollo de la capacidad espacial en los estudiantes de ingeniería aplicando conceptos básicos de dibujo técnico. Es importante señalar que la intención de este material es que los **alumnos puedan trabajar de forma autónoma** y sin ayuda del profesor, por ello que se ha trabajado para que los videos explicativos sean claros y el material de fácil manejo. **AR-Dehaes es un material de bajo coste**, que puede ser utilizado en cualquier PC con una cámara Web.

El ANEXO 2 contiene el material impreso de los componentes de AR_Dehaes y en los recursos de la web www.degarin.com/dehaes, está disponible todo el material que forma AR_Dehaes.

4.4.3 Participantes.

Se propuso un curso de desarrollo de la habilidad espacial basado en la herramienta AR-Dehaes descrita anteriormente, con objeto de incrementar los niveles de visión espacial en los estudiantes de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica de la Universidad de La Laguna. Realizaron y concluyeron el entrenamiento propuesto veinticuatro participantes. Esta muestra procede de la población de 445 alumnos de nuevo acceso en las titulaciones técnicas en la Universidad de La Laguna, que ha sido descrita al comienzo de este capítulo.

- El estudio se llevó a cabo durante la primera semana del curso académico 2008/09 de forma que, en el momento de realizar la experiencia, estos estudiantes no asistieron a ninguna clase de Expresión Gráfica.
- El estudio consiste en demostrar que el entrenamiento desarrolla las habilidades espaciales en los participantes, por ello es necesario compararlo con un grupo de control que no realice el entrenamiento.
- El grupo control está formado por 25 estudiantes de nuevo acceso en la universidad, los cuales no se someten a ningún tipo de entrenamiento en habilidades espaciales.

El tamaño de la muestra (24 participantes) es suficiente para comprobar estadísticamente la viabilidad del contenido didáctico y metodología que se propone en este estudio, para mejorar la capacidad espacial. (Véase tabla 4.5)

Si se espera un aumento de 3 puntos de ganancia en los niveles de mejora, con una desviación estándar de 4,5 puntos, la muestra necesaria será de 24 participantes. Para obtener mayores ganancias, el tamaño de la muestra requerida será más pequeña.

Por la experiencia en estudios similares, en este mismo campo de investigación sobre el desarrollo de habilidades espaciales, se sabe que la ganancia suele ser superior a 5 puntos (Contero, Company, Saorin, & Naya, 2006), (Contero, Naya, Company, Saorin, & Conesa, 2005), (Martín-Dorta, Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, & Navarro, 2008b), (Martín-Dorta, Saorín, & Contero, 2008a). Por lo tanto, el tamaño de la muestra elegida es suficiente para llevar a cabo este estudio.

4.4.4 Equipo y metodología.

Para realizar esta experiencia se utilizó para cada participante un puesto dotado de:

- Ordenador personal de sobremesa, Pentium IV 2.80 GHz con 2 GB RAM, sistema operativo Windows XP y tarjeta gráfica dedicada 512Mb.
- WebCam Logitech QuickCam Pro9000. Configurada a 25 frames por segundo.

El entrenamiento consiste en 5 sesiones realizadas en una semana, a razón de una sesión cada día, con un total de 9 horas (cuatro sesiones de dos horas y una última sesión de una hora).

- El primer día el profesor, en 10 minutos, presenta la estructura del curso y los objetivos. A continuación proyecta un vídeo explicativo de contenidos básicos de ingeniería gráfica (croquización y obtención de vistas ortogonales de una pieza). Estos contenidos serán necesarios para comprender y realizar los ejercicios propuestos. A continuación en 10 minutos, el profesor comenta una breve introducción acerca de la tecnología de realidad aumentada y realiza una demostración de cómo utilizar el libro aumentado.
- El entrenamiento consiste en resolver los ejercicios que se han estructurado en cinco niveles de dificultad, tal como se describe en la sección 4.4.2.2. Cada nivel se asocia a una única sesión/día de entrenamiento. Los participantes durante la sesión de entrenamiento trabajan de manera independiente y sin la ayuda del profesor.
- En el Nivel 5, con objeto de evaluar la adquisición de contenidos, los alumnos deben realizar el croquis de una perspectiva a partir de las vistas ortográficas, pueden utilizar el libro aumentado para visualizar el modelo virtual 3D y verificar la

perspectiva que han propuesto. Se les propone 6 ejercicios de modo que la puntuación máxima de la evaluación es de 6 puntos, considerando el ejercicio correcto (1 punto) si no tiene ningún fallo.

- Al término del curso de entrenamiento, se somete de nuevo a los participantes a medir sus niveles de capacidad espacial mediante los test MRT y DAT-5:SR. También se les proporciona una encuesta de satisfacción sobre el curso realizado, con objeto de medir la usabilidad y satisfacción de la experiencia. Los participantes tuvieron que responder a las preguntas formuladas en la encuesta del Anexo 5.

4.4.5 Análisis y resultados del entrenamiento con RA.

Los valores medios para MRT y DAT-5: SR del grupo experimental y del grupo control, antes de realizar el entrenamiento, son muy similares a los de la población total (tabla 4.31).

Media (Desv. Est)	Pre-MRT	Pre- DAT-5:SR
Total Población N=445	18.65 (8.35)	29.41 (9.18)
Curso AR n=24	19.67 (7.91)	29.17 (7.29)
Grupo Control n=25	17.44 (9.82)	28.40 (10.17)

Tabla 4. 31 Nivel de capacidad espacial antes de realizar el curso basado en RA

La tabla 4.32, resume el análisis de varianza (ANOVA) para las medidas de MRT y DAT-5: SR en los tres grupos (población total, grupo experimental y grupo de control). No hay diferencias significativas entre los grupos en cuanto a sus niveles de capacidad espacial antes de realizar el entrenamiento ($F_{2, 442}=0.439$, p-valor=0.64 en MRT y $F_{2, 442}=0.173$ p-valor=0.84 en DAT-5: SR). En otras palabras, todos los grupos son estadísticamente iguales en visualización espacial y en relaciones espaciales antes de realizar este curso.

Resumen de ANOVA para Pre-MRT					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	61,459	2	30,730	,439	,645
Intra-Grupos	30912,150	442	69,937		
Total (Corr.)	30973,609	444			
Total		445			
Resumen de ANOVA para Pre_DAT-5:SR					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	29,294	2	14,647	,173	,841
Intra-Grupos	37424,270	442	84,670		
Total (Corr.)	37453,564	444			
Total		445			

Tabla 4. 32 Análisis de Varianza para MRT y DAT-5:SR entre grupos. Curso RA

Al terminar el curso propuesto con RA, los participantes aumentan su nivel de capacidad espacial. La tabla 4.33 muestra los resultados de la ganancia obtenida con las mediciones pre y post-test.

	Pre- test		Post- Test		Ganancia MRT	Ganancia DAT-5:SR
	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR		
Grupo entrenamiento n = 24	19.67 (7.91)	29.17 (7.29)	27.71 (7.83)	38.46 (7.05)	8.04 (5.31)	9.29 (4.08)
Grupo de Control n=25	17.44 (9.82)	28.40 (10.17)	22.08 (9.94)	33.52 (11.77)	4.64 (4.36)	5.12 (7.13)

Tabla 4. 33 Valores medios Pre / Post Test y ganancia en curso RA

Se considera como hipótesis nula (Ho), el hecho de que los valores medios de las habilidades de visualización espacial no variarán al término del entrenamiento propuesto, dicho de otra forma, "después de realizar el entrenamiento propuesto el grupo experimental y el grupo de control no desarrollan sus habilidades espaciales". El resultado de la comparación de los valores medios obtenidos en pre y post-test con la prueba *t de Student para series pareadas*, se muestra en la tabla 4.34.

	Pre/Post test	
	MRT	DAT-5:SR
Grupo entrenamiento n = 24	p= 0.0009< 0.01 t=3.541	p= 0.00004< 0.01 t=4.49
Grupo de Control n=25	p=0.066> 0.05 t=1.88	p=0.092> 0.05 t=1.718

Tabla 4. 34 Nivel de significación comparando valores Pre vs Post (MRT y DAT-5) curso RA.

Los valores obtenidos indican que, en el grupo que realiza el curso RA tiene diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios antes y después del curso, por tanto se rechaza la hipótesis nula (Ho), es decir el grupo adquiere una mejora en la capacidad espacial después del entrenamiento. En cambio en el grupo de control no muestra una diferencia estadística significativa entre los valores medios, por tanto no hay mejora en los niveles de capacidad espacial de este grupo, se acepta la hipótesis nula (Ho).

En tabla 4.33 y figura 4.21, se puede ver que la ganancia en MRT y DAT-5 es mayor en el grupo de entrenamiento de RA que en el grupo de control.

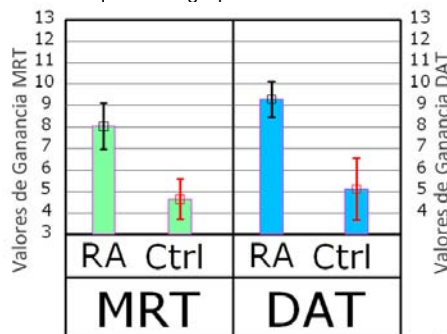


Fig.4. 21 Puntos de Ganancia y error estándar en MRT y DAT-5. Curso RA.

El grupo de control, tiene una ganancia que se ha demostrado no ser estadísticamente significativa, y como ya se consideró en las experiencias anteriores, en el experimento hay un valor de ganancia debido al posible efecto recuerdo del test, ya que el grupo de control obtiene un pequeño valor de ganancia.

Se utiliza ANCOVA, análisis de covarianza para conocer los efectos que se producen en el grupo de entrenamiento y en el grupo de control, sobre las dos categorías de las habilidades espaciales que se pretenden desarrollar. En este análisis, al igual que en la experiencia anterior (cursos de geometría descriptiva), se obtiene el valor ajustado del post-test (después del entrenamiento) en los dos grupos que se comparan, controlando el efecto de pre-test. (Ancova, permite eliminar la diferencia de las puntuaciones de pre-test entre los grupos, de esta forma se ajustan las puntuaciones de post-test, revelando el efecto real de la experiencia. Esta forma de operar permite eliminar el posible efecto memoria.)

ANCOVA, comprueba la interacción entre los grupos (experimental y control). Para calcular el modelo estadístico, se considera:

- Variable dependiente: Medidas post-test
- Co-varianza: Medidas pre-test
- Variable independiente: Tipo de grupo (experimental y control).

Las tablas 4.35 y 4.36, resumen el análisis ANCOVA para las medidas de MRT y DAT-5:SR respectivamente.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	3139,087(a)	2	1569,543	70,259	,000
Intersección	722,024	1	722,024	32,321	,000
CO-VARIABLES					
Pre-MRT	2751,191	1	2751,191	123,155	,000
EFFECTOS					
Tipo de Curso (RA vs Control)	166,838	1	166,838	7,468	,009
Error	1027,607	46	22,339		
Total	34393,000	49			
TOTAL (CORREGIDA)	4166,694	48			

(a) R squared = 0.753 (R squared corrected = 0.743)

Tabla 4. 35 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post MRT. Curso RA.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	3208,934(a)	2	1604,467	47,436	,000
Intersección	449,290	1	449,290	13,283	,001
CO-VARIABLES					
Pre-DAT-5:SR	2910,316	1	2910,316	86,044	,000
EFFECTOS					
Tipo de Curso (RA vs Control)	221,648	1	221,648	6,553	,014
Error	1555,882	46	33,824		
Total	68053,000	49			
TOTAL (CORREGIDA)	4764,816	48			

(a) R squared = 0.673 (R squared corrected = 0.659)

Tabla 4. 36 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post DAT-5. Curso RA.

Se comprueba que hay diferencia significativa entre las ganancias obtenidas por el grupo de control y el grupo experimental que ha realizado el entrenamiento $F_{1,46}=7.47$, $p=0.009$ (MRT) y $F_{1,46}=6.55$, $p=0.014$ (DAT-5:SR), es decir son grupos distintos comparando sus ganancias.

El valor medio corregido y ajustado para las medidas post-test MRT y DAT-5:SR, en cada uno de los grupos (control y experimental), está calculado en tablas 4.37 y 4.38.

El resultado muestra que el grupo experimental es más eficiente que el grupo de control. Este procedimiento de comparación múltiple determina desde el punto de vista estadístico si las medias son significativamente diferentes unas de otras. Se muestra sombreado en tabla 4.37 y 4.38 la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco, indica que las diferencias son estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95%. El método utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). Con este método, hay un 5% de riesgo de considerar el par de medias como significativamente idénticas.

La columna B muestra el valor de la ganancia del grupo experimental, en comparación con el grupo de control. El valor de ganancia 3.721 en MRT y 4.259 en DAT-5:SR para el grupo experimental se interpreta como la ganancia real obtenida en cada componente de la habilidad espacial como consecuencia del entrenamiento con el curso de RA propuesto. En el cálculo, el grupo de Control se ajusta a un aumento de "cero puntos", de forma que al comparar con el grupo RA, se elimina el "efecto recuerdo del test".

Tipo Curso	Participantes	Media Ajustada	Std. error	Grupos homogéneos	95% Intervalo de confianza	
Grupo RA	24	26,735(a)	,969	X		
Grupo CONTROL	25	23,014(a)	,949			
Parameter	B	Std.Error	t	Sig	Límite Inferior	Límite superior
Intersection	7,141	1,645	4,341	,000	3,830	10,452
Pre-MRT	,857	,077	11,098	,000	,701	1,012
Grupo RA-Control	3,721*	1,362	2,733	,009	,980	6,462
CONTROL	0(a)	.	.	.	.	.

(a). Covariance evaluated Pre-MRT: 18.53

Tabla 4. 37 Valores medios ajustados para MRT y Ganancia real por tipo de curso (Realidad Aumentada)

Tipo Curso	Participantes	Media Ajustada	Std. error	Grupos homogéneos	95% Intervalo de confianza	
Grupo RA	24	38,112(a)	1,188	X		
Grupo CONTROL	25	33,853(a)	1,164			
Parameter	B	Std.Error	t	Sig	Límite Inferior	Límite superior
Intersection	8,344	2,953	2,826	,007	2,400	14,288
Pre-DAT-5:SR	,886	,096	9,276	,000	,694	1,079
Grupo RA-Control	4,259*	1,664	2,560	,014	,910	7,607
CONTROL	0(a)	.	.	.	.	.

(a). Covariance evaluated Pre-MRT: 28.77

Tabla 4. 38 Valores medios ajustados para DAT-5: SR y Ganancia real por tipo de curso (Realidad Aumentada)

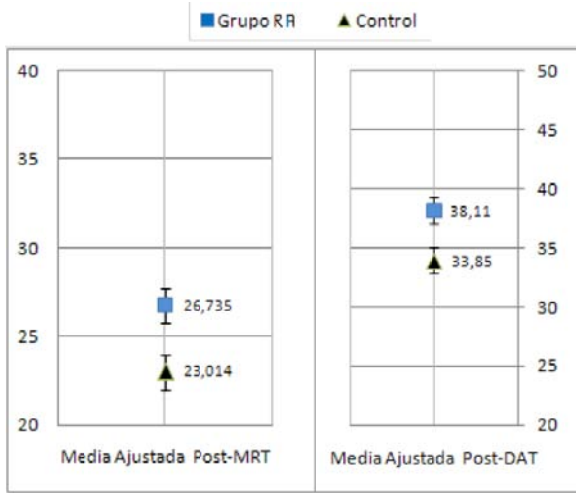


Fig.4. 22 Nivel de HE alcanzado en curso de Realidad Aumentada

👁 Los participantes en el curso de entrenamiento de habilidades espaciales con RA obtuvieron resultados significativamente mejores que el grupo de control, como puede verse en fig. 4.22.

4.5 CURSO DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES BASADO EN CROQUIZACIÓN DE EJERCICIOS SELECCIONADOS DE EXPRESIÓN GRÁFICA.

4.5.1 Propósito de estudio.

Varios autores han desarrollado cursos para desarrollar las habilidades espaciales en los estudiantes utilizando actividades clásicas de Expresión Gráfica (representación de objetos por vistas normalizadas / perspectivas) y desarrolladas mediante técnicas de croquizado (Sorby & Barartmans, 1996), (Sorby S. , 1999a), (Saorín, 2006). Esta estrategia permite al profesor además de desarrollar las HE de los estudiantes, introducirles en contenidos de Expresión Gráfica, ya que se trabaja con vistas normalizadas, proyecciones, perspectivas isométricas, volúmenes...

En esta parte de la tesis se propone desarrollar un curso, siguiendo las mismas estrategias, pero con la diferencia de realizarlo utilizando actividades cuidadosamente seleccionadas. Por ello intenta realizar un manual de ejercicios que sea una recopilación de los ejercicios más utilizados por los profesores de Expresión Gráfica en el ámbito universitario.

El objetivo es crear un material con una batería de ejercicios utilizados con relativa frecuencia por profesores de titulaciones técnicas universitarias. El propósito es verificar la viabilidad del uso de estos ejercicios para desarrollar las HE de los estudiantes y cuantificar dicha mejora.

A varios participantes en el curso se les amplía el tiempo de entrenamiento, de forma que se estudiará el si el hecho de ampliar las horas de entrenamiento influye en la mejora adquirida por los estudiantes.

La batería de ejercicios sobre representación de objetos, mediante vistas normalizadas y realización de perspectivas a partir de vistas, es muy amplia, aunque los docentes de distintas universidades y titulaciones suelen coincidir en ejercicios que utilizan para formar a sus estudiantes. Realizada la búsqueda de ejercicios, se han seleccionado, clasificado y tipificado de forma que se obtiene un cuaderno de actividades que contiene los ejercicios que de forma habitual se utilizan en las asignaturas de Expresión Gráfica de las titulaciones técnicas en España. (Capítulo 2)

4.5.2 Materiales y contenido didáctico.

El material que se utilizará para realizar el curso de desarrollo de habilidades espaciales, como ya se ha comentado, es un cuaderno de apuntes y ejercicios seleccionados por ser los más utilizados dentro de las aulas de Expresión Gráfica en las titulaciones técnicas.

El cuaderno tiene varios niveles de dificultad y está organizado en cinco capítulos:

Capítulo 1. Consideraciones teóricas. En este capítulo se explican las técnicas de croquizado, las proyecciones ortogonales de un objeto, vistas normalizadas y croquizado de perspectivas isométricas.

Capítulo 2. Entrenamiento de croquizado. Con objeto de familiarizar al alumno con el dibujo a mano alzada y al reconocimiento de elementos de los objetos en proyección, se proponen **20 ejercicios** de nivel extremadamente básico, que serán de fácil comprensión y realización.

En los siguientes capítulos se proponen los ejercicios seleccionados a partir del material docente utilizado por profesores de expresión gráfica en las titulaciones de ingeniería.

Capítulo 3. Entrenamiento en Habilidades Espaciales. Nivel Básico.

- Obtención de vistas. # 13 Ejercicios
- Obtención de perspectivas. # 6 Ejercicios.
- Obtener la tercera vista. # 6 Ejercicios.

Total ejercicios 25 Ejercicios.

Capítulo 4. Entrenamiento en Habilidades Espaciales. Nivel Intermedio.

- Obtención de vistas. # 7 Ejercicios
- Obtención de perspectivas.#4 Ejercicios
- Obtener la vista que falta. # 5 Ejercicios
- Obtener vistas mínimas. # 6 Ejercicios.

Total ejercicios 22 ejercicios.

Capítulo 5. Entrenamiento en Habilidades Espaciales. Nivel Avanzado

- Obtención de vistas. #5 Ejercicios(1-2-3-6-7)
- Obtención de perspectivas. #3 (4-9-10)
- Obtener vistas previa rotación mental del objeto. #2 Ejercicios. (5-8)
- Relacionar vistas con perspectivas. #2 Ejercicios

Total ejercicios..... 12 ejercicios.

El cuaderno de apuntes y ejercicio puede ser consultado en Anexo 3 y descargado desde los recursos de la web Dehaes (www.degarin.com/dehaes).

4.5.3 Participantes.

El curso de mejora de la capacidad espacial basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica ha sido propuesto a estudiantes de dos titulaciones técnicas (Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica e Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica) de la Universidad de La Laguna. Realizaron y concluyeron el entrenamiento propuesto 35 participantes, de los cuales 29 realizaron el curso propuesto de 10 horas y 6 estudiantes realizaron 4 horas más (14 horas). La muestra de participantes procede de la población de 445 alumnos de nuevo acceso a las titulaciones técnicas en la Universidad de la Laguna.

- El estudio se llevó a cabo durante la primera semana del curso académico 2008/09 de forma que, en el momento de realizar la experiencia, estos estudiantes no asistieron a ninguna clase de Expresión Gráfica.
- El estudio consiste en demostrar que el entrenamiento mejora la capacidad espacial en los participantes, por ello es necesario compararlo con un grupo de control que no realice el entrenamiento.
- El grupo control está formado por 25 estudiantes de nuevo acceso en la universidad, los cuales no se someten a ningún tipo de entrenamiento en habilidades espaciales.

Se trabaja con el tamaño de la muestra (29 participantes), que es suficiente para comprobar estadísticamente la viabilidad del contenido didáctico y metodología que propone este estudio, para mejorar la capacidad espacial. (Véase tabla 4.5)

Si se espera un aumento de 3 puntos de ganancia en los niveles de mejora, con una desviación estándar de 4,5 puntos, la muestra necesaria será de 24 participantes. Para obtener mayores ganancias, el tamaño de la muestra requerida será más pequeño. Por lo tanto, el tamaño de la muestra elegida es suficiente para llevar a cabo este estudio.

4.5.4 Desarrollo del curso

Este curso se ha desarrollado durante cinco días consecutivos y cada día, se ha realizado entrenamiento durante 2 horas. El primer día, el profesor explica las técnicas para realizar croquis siguiendo el cuaderno de apuntes y ejercicios, a continuación mediante un videoclip de 6 minutos de duración se exponen los fundamentos de vistas ortogonales. A continuación los estudiantes comienzan los ejercicios denominados "entrenamiento", con un nivel de dificultad muy bajo. Se pretende con estos ejercicios, poner en práctica el dibujo a mano alzada (croquis) y familiarizarse con las proyecciones ortogonales o vistas de las piezas. El profesor soluciona a cada alumno las preguntas que plantea.

El resto de días, los alumnos trabajan de forma independiente, incluso por parejas, para resolver ejercicios. En el aula hay dos profesores que solucionan personalmente las dificultades que tienen los alumnos para solucionar los ejercicios.

	Contenidos	Tiempo
Día 0	Test Prueba evaluatoria inicial.	
Día 1	Conceptos teóricos Nivel Entrenamiento	1h 1h
Día 2	Nivel Básico	2 h
Día 3	Nivel Intermedio	2 h
Día 4	Nivel Intermedio	2 h
Día 5	Nivel Avanzado	2 h
Día 6	Prueba evaluatoria final Post-Test	



Fig.4. 23 Resumen Planificación del curso HE y estudiantes realizando el curso.

Con objeto de evaluar los contenidos adquiridos, se ha propuesto a los alumnos una prueba evaluatoria antes y después del curso. El formato de este examen, es igual al examen de dibujo técnico de pruebas de acceso a la universidad (PAU). Se propone al alumno dos exámenes (Bloque 1 y Bloque 2). El alumno debe elegir uno de los dos Bloques para resolver. En el examen hay dos ejercicios: obtener las vistas de la perspectiva propuesta y obtener la perspectiva de las vistas propuestas. Los ejercicios propuestos han sido extraídos de exámenes de PAU realizados en la Comunidad Autónoma de Canarias. Los ejercicios de ambos exámenes (antes y después) son distintos, de forma que es posible evaluar los conocimientos adquiridos sobre representación normalizada de objetos. (Resultados en Capítulo 7- Sección 7.4.3).

Todos los ejercicios del cuaderno, no se han podido desarrollar en las 10 horas de duración del curso, de modo que se propuso a 6 alumnos continuar el entrenamiento durante dos días más (4 horas). Con estos datos se puede comprobar el efecto que tiene la duración del entrenamiento en los niveles alcanzados.

El siguiente estadillo se muestra la planificación detallada de ejercicios que se trabajaron en el curso y temporalización.

<p>Día sept. 24- Miércoles – 2 horas Capítulo 1. Consideraciones teóricas y video explicativo. – 1 hora. Capítulo 2. Entrenamiento croquizado. – 1 hora. En este capítulo se realizan varios tipos de ejercicios: Ejercicios de identificación de superficies. Ejercicios de obtención de vistas en piezas simples. Ejercicios de obtención de perspectivas en piezas simples. Ejercicio de completar líneas omitidas en las vistas. No es necesario realizarlos todos, ya que esto es un preámbulo para fijar los contenidos teóricos de vistas y familiarizarse con el croquis.</p>
<p>Día sept-25 – Jueves – 2 horas Capítulo 3. Entrenamiento Nivel Básico. Obtención de vistas. Ejercicios 1-2-4-5-6-7-8 Obtención de perspectivas. Ejercicios. 1-2-4 Obtener la tercera vista. 1-2-3-4-5-6</p>
<p>Día sept-26 – Viernes – 2 horas Capítulo 4. Nivel intermedio Obtención de vistas. Ejercicios 1-4-5-6 Obtención de perspectivas. 1-2-4 Obtener la vista que falta 1-3-5 Obtener vistas mínimas. 1-2-3-4</p>
<p>Día Sept.- 29 – lunes – 2 horas La mayoría de alumnos tienen ejercicios pendientes del día anterior, de modo que se prosigue con lo pendiente y se hacen los 3 marcados para nivel avanzado Capítulo 4. Nivel intermedio (algunos alumnos) Capítulo 5. Nivel avanzado Ejercicios 2-5-10</p>
<p>Día Sept. 30 – Martes – 2 horas Capítulo 5. Nivel Avanzado 1 hora. Ejercicios 3 -4 Evaluación con 5 ejercicios. En la segunda hora se propone los ejercicios: Básico obtener vistas. Ejercicio nº 3 Básico obtener perspectiva. Ejercicio nº 3 Intermedio. Obtener vistas. Ejercicio nº 5 Avanzado. Ejercicio nº 6 y ejercicios de relacionar vistas con perspectivas.</p>
<p>Día 1 Octubre Miércoles Post – test MRT y DAT Encuesta de satisfacción. Día 2 – Noviembre. Después de todo el entrenamiento los alumnos son citados para realizar una prueba de conocimientos adquiridos llamada “Ejercicio Selectividad”, con una duración de 30 minutos.</p>

(Continúa en pág. Siguiente)

Día 1 y 2 Octubre miércoles Entrenamiento adicional para 6 alumnos, con una duración de 4 horas.

Capítulo 3. Entrenamiento Nivel Básico.

Obtención de vistas 9-10-11-12-13
Obtención de perspectivas. Ejercicios.5-6

Capítulo 4. Nivel intermedio

Obtención de vistas. Ejercicios nº 2-3-7
Obtención de perspectivas. Ejercicios nº 3-6
Obtener la vista que falta. Ejercicios nº 2-4
Obtener vistas mínimas. Ejercicios nº 5-6

Capítulo 5. Nivel Avanzado.

Ejercicios nº 1-7-8-9

Al término de estas 4 horas, los alumnos realizan:

Ejercicios de evaluación.
Test Post-MRT y DAT.
Encuesta satisfacción.
Ejercicio de selectividad.

4.5.5 Análisis y Resultados.

Los valores medios para MRT y DAT-5: SR del grupo experimental con ejercicios tradicionales (ET) y del grupo control (GC), antes de realizar el entrenamiento, son muy similares a los de la población total (tabla 4.39).

Media (Desv. Est)	Pre-MRT	Pre- DAT-5:SR
Total Población N=445	18.65 (8.35)	29.41 (9.18)
Curso ET n=29	19.79 (7.62)	28.48 (9.48)
Grupo Control n=25	17.44 (9.82)	28.40 (10.17)

Tabla 4. 39 Nivel de capacidad espacial antes de realizar el curso basado en RA

La tabla 4.40, resume el análisis de varianza (ANOVA) para las medidas de MRT y DAT-5: SR en los tres grupos (población total, grupo experimental ET y grupo de control). No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto a sus niveles de capacidad espacial antes de realizar el entrenamiento ($F_{2, 442}=0.439$, p-valor=0.64 en MRT y $F_{2, 442}=0.173$ p-valor=0.84 en DAT-5: SR). En otras palabras, todos los grupos son estadísticamente iguales en visualización espacial y en relaciones espaciales antes de realizar este curso.

Nota: Este análisis de varianza para grupos: población total, grupo ET y grupo control, coincide con el análisis de varianza para grupos: población total, grupo RA y grupo control, debido a que la única diferencia es el grupo de entrenamiento y la diferencia de participantes es muy pequeña respecto a población total, además que los niveles obtenidos por el grupo ET son similares a los del grupo RA, por eso que los valores del cálculo sean prácticamente coincidentes.

Resumen de ANOVA para Pre-MRT					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	61,459	2	30,730	,439	,645
Intra-Grupos	30912,150	442	69,937		
Total (Corr.)	30973,609	444			
Total		445			

Resumen de ANOVA para Pre_DAT-5:SR					
	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-Grupos	29,294	2	14,647	,173	,841
Intra-Grupos	37424,270	442	84,670		
Total (Corr.)	37453,564	444			
Total		445			

Tabla 4. 40 Análisis de Varianza para MRT y DAT-5:SR entre grupos antes de comenzar Curso ET

Al terminar el curso ET, los participantes aumentan su nivel de capacidad espacial. La tabla 4.41 muestra los resultados de la ganancia obtenida con las mediciones pre y post-test.

	Pre- test		Post- Test		Ganancia MRT	Ganancia DAT-5:SR
	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR		
Grupo ET n = 29	19.79 (7.62)	28.48 (9.48)	28.76 (8.79)	37.10 (9.00)	8.97 (5.41)	8.62 (6.25)
Grupo de Control n=25	17.44 (9.82)	28.40 (10.17)	22.08 (9.94)	33.52 (11.77)	4.64 (4.36)	5.12 (7.13)

Tabla 4. 41 Valores medios Pre / Post Test y ganancia en curso ET

Se considera como hipótesis nula (Ho), el hecho de que los valores medios de las habilidades de visualización espacial no varían al término del curso ET. El resultado de la comparación de los valores medios obtenidos en pre y post-test con la prueba *t de Student para series pareadas*, se muestra en la tabla 4.42.

	Pre/Post test	
	MRT	DAT-5:SR
Grupo entrenamiento n = 29	p=0.00011< 0.01	p=0.00078<0.01
Grupo de Control n=25	p=0.066> 0.05	p=0.092> 0.05

Tabla 4. 42 Nivel de significación comparando valores Pre vs Post (MRT y DAT-5) curso RA.

Los p-valores indican que, los participantes en el entrenamiento croquizando ejercicios, tienen diferencia estadística significativa en los valores medios antes y después del curso (al 99%), por tanto se rechaza la hipótesis nula (Ho), es decir el grupo muestra una mejora en la capacidad espacial adquirida después del entrenamiento. El grupo de control no muestra diferencia estadística significativa (menor del 95%), por tanto no hay mejora en los niveles de capacidad espacial de este grupo, se acepta la hipótesis nula (Ho).

En tabla 4.41 y figura 4.24, se observa que la ganancia en MRT y DAT-5 es mayor en el grupo de entrenamiento de ET que en el grupo de control.

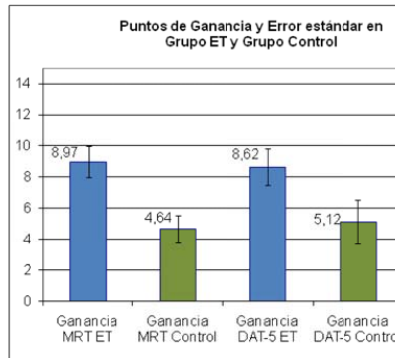


Fig.4. 24 Puntos de Ganancia y error estándar en MRT y DAT-5. Curso RA.

El grupo de control, tiene una ganancia que se ha demostrado no ser estadísticamente significativa, y como ya se comentó en experiencias anteriores, se considera que en el experimento hay un valor de ganancia debido al posible efecto recuerdo del test, ya que el grupo de control obtiene un valor de ganancia.

Se utiliza ANCOVA, análisis de covarianza para conocer los efectos que se producen en el grupo de entrenamiento y en el grupo de control, sobre las dos categorías de las habilidades espaciales que se intentan mejorar.

Ancova, comprueba la interacción entre los grupos (experimental y control). Para calcular el modelo estadístico, se considera:

- Variable dependiente: Medidas post-test
- Co-varianza: Medidas pre-test
- Variable independiente: Tipo de grupo (experimental y control).

En las tablas 4.43 y 4.44 se resume el análisis ANCOVA, para las medidas de MRT y DAT-5:SR respectivamente.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	3886,665(a)	2	1943,333	79,457	,000
Intersección	663,576	1	663,576	27,132	,000
CO-VARIABLES					
Pre-MRT	3287,816	1	3287,816	134,430	,000
EFFECTOS					
Tipo de Curso (ET vs Control)	270,263	1	270,263	11,050	,002
Error	1247,335	51	24,458		
Total	40708,000	54			
TOTAL (CORREGIDA)	5134,000	53			

(a) R cuadrado = ,757 (R cuadrado corregida = ,748)

Tabla 4. 43 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post MRT. Curso ET.

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	GL	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Modelo corregido	3597,829(a)	2	1798,915	42,366	,000
Intersección	766,789	1	766,789	18,059	,000
CO-VARIABLES					
Pre-DAT-5:SR	3425,426	1	3425,426	80,673	,000
EFFECTOS					
Tipo de Curso (RA vs Control)	165,871	1	165,871	4,211	,047
Error	2165,504	51	42,461		
Total	73604,000	54			
TOTAL (CORREGIDA)	5763,333	53			

(a) R cuadrado = ,624 (R cuadrado corregida = ,610)

Tabla 4. 44 ANCOVA. Análisis de Covarianza para Post DAT-5. Curso ET.

👁 Hay diferencia significativa entre las ganancias obtenidas por el grupo de control y el grupo experimental que ha realizado el entrenamiento $F_{1,51}=11.05$, $p=0.002$ (MRT) y $F_{1,51}=4.21$, $p=0.047$ (DAT-5:SR). Son grupos distintos según la ganancia obtenida por cada uno de ellos, aunque la ganancia en DAT-5 está muy cerca de límite del 95%, ya que tiene un p-valor muy próximo a 0.05.

El valor medio corregido y ajustado para las medidas post-test MRT y DAT-5:SR, en cada uno de los grupos (control y experimental), está calculado en tablas 4.45 y 4.46.

El resultado muestra que el grupo experimental ET es más eficiente que el grupo de control. Se realiza un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. Sombreado en las tablas 4.45 y 4.46 se muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco, indica que las diferencias son estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95%. El método utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). Con este método, hay un 5% de riesgo de considerar el par de medias como significativamente idénticas.

La columna B muestra el valor de la ganancia del grupo experimental, en comparación con el grupo de control. El valor de ganancia 4.529 en MRT y 3.515 en DAT-5:SR para el grupo experimental ET, se interpreta como la ganancia real obtenida en cada componente de la habilidad espacial como consecuencia del entrenamiento mediante el curso de croquizado propuesto. En el cálculo, el grupo de control se ajusta a un aumento de "cero puntos", de forma que al comparar con el grupo ET, se elimina el "efecto recuerdo del test".

Tipo Curso	Participantes	Media Ajustada	Std. error	Grupos homogéneos	95% Intervalo de confianza	
Grupo ET	29	27,763(a)	,922	X		
Grupo CONTROL	25	23,235(a)	,994			
Parameter	B	Std.Error	t	Sig	Límite Inferior	Límite superior
Intersección	6,146	1,693	3,630	,001	2,747	9,546
Pre-MRT	,914	,079	11,594	,000	,755	1,072
Grupo ET-Control	4,529*	1,362	3,324	,002	1,794	7,264
CONTROL	0(a)	.	.	.	.	.

(a). Covariance evaluated Pre-MRT: 18.704

Tabla 4. 45 Valores medios ajustados para MRT y Ganancia real por tipo de curso (Curso ET)

Tipo Curso	Participantes	Media Ajustada	Std. error	Grupos homogéneos	95% Intervalo de confianza	
Grupo ET	29	37,072(a)	1,210	X		
Grupo CONTROL	25	33,557(a)	1,303			

Parameter	B	Std.Error	t	Sig	Límite Inferior	Límite superior
Intersection	10,007	2,924	3,422	,001	4,136	15,878
Pre-DAT-5:SR	,828	,092	8,982	,000	,643	1,013
Grupo ET-Control	3,515*	1,778	1,976	,047	1,025	7,085
CONTROL	0(a)	.	.	.	.	.

(a). Covariance evaluated Pre-MRT: 28,444

Tabla 4. 46 Valores medios ajustados para DAT-5: SR y Ganancia real por tipo de curso (Curso ET)

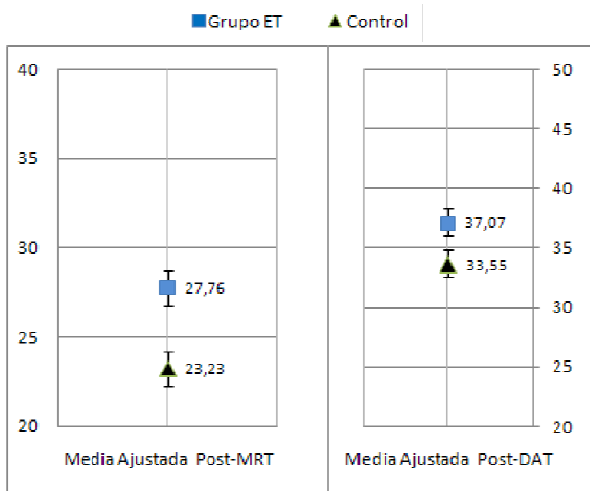


Fig.4. 25 Nivel de HE alcanzado en curso ET.

- Los participantes en el curso de entrenamiento de habilidades espaciales mediante técnicas de croquizados con ejercicios de Expresión Gráfica obtuvo resultados significativamente mejores que el grupo de control, como puede verse en fig. 4.25.

4.5.6 Comparación de resultados en función del tiempo de entrenamiento (10 horas vs 14 horas).

Los participantes en el curso de mejora mediante ejercicios de croquizado realmente fue realizado por 35 estudiantes. Seis de estos participantes realizaron 4 horas más de entrenamiento que el resto de los participantes. De los resultados de la tabla 4.47, se podría decir que a simple vista parece que los participantes que entrenaron durante 14 horas no muestran grandes diferencias en los valores de ganancia con respecto a los que entrenaron 10 horas.

	Pre- test		Post- Test		Ganancia	Ganancia
	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR	MRT	DAT-5:SR
Grupo ET (10 horas) n = 29	19.79 (7.62)	28.48 (9.48)	28.76 (8.79)	37.10 (9.00)	8.97 (5.41)	8.62 (6.25)
Grupo ET (14 horas) n = 6	18.50 (8.64)	34.33 (7.17)	28.67 (6.98)	43.17 (5.95)	10.17 (3.19)	8.83 (1.94)

Tabla 4. 47 Valores medios Pre / Post Test y ganancia en curso ET

De todas formas, se comprueba si existe diferencia estadística significativa en la mejora obtenida por los que entrenaron durante 14 horas con respecto a los de 10 horas. Para ello se realiza un análisis de varianza (ANOVA), de forma que se compara la significación de la ganancia entre ambos grupos.

ANOVA de un factor_ MRT

Descriptivos

Ganancia_MRT

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo ET- 10 h	29	8,9655	5,41481	1,00551	6,9058	11,0252
Grupo ET-14 h	6	10,1667	3,18852	1,30171	6,8205	13,5128
Total	35	9,1714	5,08450	,85944	7,4248	10,9180

Prueba de homogeneidad de varianzas

Ganancia_MRT

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,910	1	33	,056

ANOVA

Ganancia_MRT

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7,173	1	7,173	,272	,606
Intra-grupos	871,799	33	26,418		
Total	878,971	34			

👁 Los resultados, indican claramente (valor significación sombreado en la tabla) que la ganancia en MRT ($F_{1,33}=0.272$ p-valor=0.606) no es significativa, el p-valor es muy superior a 0.05.

ANOVA de un factor_ DAT-5:SR

Descriptivos

Ganancia_DAT

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Grupo ET- 10 h	29	8,6207	6,24736	1,16011		6,2443	10,9971
Grupo ET-14 h	6	8,8333	1,94079	,79232		6,7966	10,8701
Total	35	8,6571	5,71861	,96662		6,6927	10,6216

Prueba de homogeneidad de varianzas

Ganancia_DAT

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,101	1	33	,051

ANOVA

Ganancia_DAT

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,225	1	,225	,007	,935
Intra-grupos	1111,661	33	33,687		
Total	1111,886	34			

👁 Los resultados, indican claramente (valor significación sombreado en la tabla) que la ganancia en DAT-5 ($F_{1,33}=0.007$ p-valor=0.935), no es significativa, el p-valor es muy superior a 0.05.

A la vista de los resultados obtenidos, no es significativa la diferencia en la mejora de la capacidad espacial entre los que entrenan 10 horas y los que entrenan 14 horas. El hecho de ampliar el entrenamiento en 4 horas no supone un incremento en los niveles de habilidad espacial.

4.6 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 4.

- Contero, M., Company, P., Saorin, J., & Naya, F. (2006). Learning Support Tools for Developing Spatial Abilities in Engineering Design. *International Journal Engineering and Education*, 22 (3), 470-477.
- Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorin, J., & Conesa, J. (2005). Improving Visualization Skills in Engineering Education. *IEEE Computer Graphics and Application*, 25 (5), 24-31.
- Del Rio, M., Cobos, C., & Martínez, J. (2007). Nuevas estrategias metodológicas en las enseñanzas gráficas empleando herramientas informáticas tridimensionales. *Revista de Enseñanza Universitaria*, 29, 42-50.
- Dorval, M., & Pépin. (1986). Effect of Playing a Video Game on a Measure of Spatial Visualization. *Perceptual Motor Skills*, 62 (1), 159-162.
- Feng, J., & Spence, I. (2007). Playing an Action Video Game Reduces Gender Differences in Spatial Cognition. *Psychological Science*, 18 (10), 850-855.
- Fiala, M. (2004). ARTag revision 1, a fiducial marker system using digital techniques 2004. *Tech Rep. NRC 47419/ERB-1117*. Disponible en: <http://www.iit-iti.nrc-cnrc.gc.ca/iti-publications-iti/docs/NRC-47419.pdf>.
- Fiala, M. (2005). ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques. *Proceeding of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, 2, págs. 590-596. San Diego, California.
- Gagnon, D. (1985). Videogames and Spatial Skills: An Exploratory Study. *Educational Communication and Technology*, 33 (4), 263-275.
- Griffith, J., Voloschin, P., Gibb, G., & Bailey, J. (1983). Differences in eye-hand Motor Coordination of Video-game Users and non-Users. *Perceptual and Motor Skills*, 57 (1), 155-158.
- Kaufmann, H. (2002). Construct3D: An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education. *Proceeding of ACM Multimedia Conference 2002*, (págs. 656-657). Juan Les Pins, France.
- Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2003). Improving Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality - Application and Evaluation Design. *Proceeding of the 2005 VRIC Laval Virtual*, (págs. 25-34). France.
- Kuhlman, J., & Beitel, P. (1991). Videogame Experience: A Possible Explanation for Differences in Anticipation of Coincidence. *Perceptual Motor Skills*, 72 (2), 483-488.
- Lorca, P., Merino, M., Recio, M., Ocaña, R., & Vicario, J. (2005). Sustitucion de las herramientas tradicionales de dibujo por el CAD en las asignaturas de Expresion Gráfica. Experiencia Docente. *XVII Congreso Internacional de Expresión Gráfica*. Sevilla.
- Martin, I., Aperribay, V., Garmendia, M., Perez, A., Albisua, J., & San Martin, J. (2007). Visualización de Realidad Virtual (WRL) como etiquetas de Moodle. *Moodle moot Euskadi'07*. Universidad del Pais Vasco.
- Martin-Dorta, N., Martin-Gutierrez, J., Saorin, J., Contero, M., & Navarro, R. (2008b). Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería. *Actas XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.
- Martín-Dorta, N., Saorín, J., & Contero, M. (2008a). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97 (4), 505-513.

- Moré, J. (1978). The Levenberg-Marquardt Algorithm: Implementation and Theory. *Lecture Notes in Mathematics*, 630, 105-116.
- Okagaki, L., & Frensch, P. A. (1994). Effects of Video Game Playing on Measures of Spatial Performance: Gender Effects in Late Adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15 (1), 33–58.
- Pintaric, T. (2003). An Adaptive Thresholding Algorithm for the Augmented Reality Toolkit. *Proceeding of the 2nd IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop (ART03)*. Japón.
- Saorín, J. (2006). Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Sorby, S. (1999a). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63 (2), 21–32.
- Sorby, S., & Barartmans, J. (1996). A Course for the Development of 3d Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 60 (1), 13-20.
- Subrahmanyam, K., & Greenfield, P. (1994). Effect of Video Game Practice on Spatial Skills in Girls and Boys. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15 (1), 13–32.
- Zhang, Z. (2000). A Flexible New Technique for Camera Calibration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2000, 22 (11), 1330-1334.

CAPÍTULO 5.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS **Desarrollo de habilidades espaciales.**

5.1 RANKING DE MEJORA DE LA CAPACIDAD ESPACIAL POR TIPO DE CURSO.

En el capítulo anterior se expone el resultado del análisis estadístico en cada uno de los cursos experimentales que se han realizado para desarrollar las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería.

Todos los cursos consiguen mejorar la capacidad espacial, aunque no todos en la misma medida.

En las siguientes páginas, se realizan los cálculos necesarios para establecer un ranking en el que se podrá observar el orden que ocupa cada uno de los cursos realizados en esta tesis, en función del valor de ganancia obtenida por los participantes.

Todos los cursos se midieron con los test MRT (versión 20 ítems) y con el test DAT-5:SR, nivel 2 (Versión 50 ítems), excepto los cursos basados en videojuegos en los que se utilizó el test DAT:SR, versión de 60 ítems.

Para configurar este ranking es necesario que todos los cursos hayan sido medidos con la misma herramienta.

Se establece una transformación de las medidas de test DAT:SR a test DAT-5:SR ya que ambos manuales (DAT y DAT-5) están avalados por estudios de investigación con el objetivo de obtener datos normativos, establecer fiabilidad y validez de los test. Además el test DAT-5 incluye instrucciones para equiparar sus puntuaciones a las de la edición anterior (DAT-60 ítems). Esta equiparación permite comparar las puntuaciones de una a otra edición para disponer de datos longitudinales.

En anexo 0 está disponible la transformación de los datos DAT a DAT-5 en los cursos de videojuegos.

Relación entre la 4ª y 5ª versión del DAT

El objetivo de este estudio fue establecer la validez del DAT-5 y equiparar sus puntuaciones a las de la 4ª edición. Esta equiparación permite comparar las puntuaciones de una a otra edición para disponer de datos longitudinales. Los centros que participaron en el estudio aplicaron el nivel adecuado del DAT-5 junto con la forma V de la 4ª edición aproximadamente a 3.000 estudiantes de los grados 8 a 11. También en este caso, para evitar una duración excesiva, se dividieron ambos tests en dos partes y a los estudiantes se les aplicó la misma parte de los dos tests. El orden de aplicación de las dos ediciones se alternó en clases distintas para eliminar los efectos de la práctica.

Fig 5. 1 Relación entre DAT versión 4 y DAT-5 (fuente Manual DAT-5)

Se realiza un análisis de **covarianza ANCOVA**, ajustando las medias de los post-test y estableciendo la ganancia real de cada curso dejando como referencia al grupo de control con una diferencia entre pre-post test de cero puntos. (Se realiza el cálculo para valores MRT y para valores DAT).

Los participantes en cada curso fueron:

Iniciales	Tipo_curso	n
RA	Realidad Aumentada	24
ET	Ejercicios Croquizados	29
GD	Sistema Diedrico-Tradicional	21
GD-3D	Sistema Diedrico-Apoyo con Diedro 3D	19
PC	Videojuegos PC	21
NDS	Videojuegos Nintendo DS	14
VIDEO	Videojuegos PC y Nintendo DS	35
CONTROL	Grupo Control	25

- Cálculo para valores MRT

I.1.- Descriptivos.

Variable dependiente: Post_MRT

Tipo_curso	Media	Desv. tp.	N
RA	27,7083	7,82682	24
ET	28,7586	8,79389	29
GD	27,7619	8,80855	21
GD-3D	26,4211	8,32877	19
PC	27,4762	9,03116	21
NDS	22,7857	9,19179	14
VIDEO	25,6000	9,25838	35
CONTROL	22,0800	9,93697	25

I.2.- ANCOVA. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Post_MRT

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	10078,932(a)	8	1259,866	43,033	,000
Intersección	3183,330	1	3183,330	108,732	,000
Pre_MRT	9147,987	1	9147,987	312,465	,000
tipo_curso	416,148	7	59,450	2,031	,054
Error	5240,558	179	29,277		
Total	144496,000	188			
Total corregida	15319,489	187			

a R cuadrado = ,658 (R cuadrado corregida = ,643)

I.3.- Ganancia Real de Valores MRT en cada curso.

Variable dependiente: Post_MRT

Parámetro	B	Error tp.	t	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite inferior	Límite superior
Intersección	6,927	1,381	5,017	,000	4,203	9,651
Pre_MRT	,869	,049	17,677	,000	,772	,966
RA	3,694	1,550	2,383	,018	,635	6,753
ET	4,634	1,481	3,129	,002	1,711	7,557
GD	2,754	1,610	1,711	,089	-,423	5,932
GD-3D	4,449	1,647	2,702	,008	1,199	7,699
PC	2,510	1,610	1,559	,121	-,667	5,687
NDS	5,060	1,823	2,776	,006	1,463	8,657
VIDEO	3,530	1,417	2,491	,014	,734	6,326
CONTROL	0(a)	.	.	.	.	.

a Al parámetro se le ha asignado el valor cero porque es redundante.

I.4.- Valores medios de Post-MRT ajustados

Variable dependiente: Post_MRT

tipo_curso	Media	Error tip.	Intervalo de confianza al 95%.	
			Límite inferior	Límite superior
RA	26,648(a)	1,106	24,466	28,831
ET	27,589(a)	1,007	25,602	29,576
GD	25,709(a)	1,186	23,368	28,050
GD-3D	27,404(a)	1,243	24,952	29,856
PC	25,465(a)	1,186	23,124	27,805
NDS	28,015(a)	1,476	25,102	30,928
VIDEO	26,485(a)	,916	24,677	28,292
CONTROL	22,955(a)	1,083	20,817	25,092

a Las covariables que aparecen en el modelo se evalúan en los siguiente valores: Pre_MRT = 18,4468.

- Cálculos para Valores DAT-5

II.1.- Descriptivos.

Variable dependiente: Post_DAT5

tipo_curso	Media	Desv. tip.	N
RA	38,4583	7,04630	24
ET	37,1034	8,99740	29
GD	39,4286	9,36254	21
GD-3D	38,5263	5,55146	19
PC	45,0476	5,85215	21
NDS	46,0714	5,34163	14
VIDEO	45,4571	5,59592	35
CONTROL	33,5200	11,76903	25

II.2.- ANCOVA. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Post_DAT5

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	10919,574(a)	8	1364,947	65,769	,000
Intersección	3351,098	1	3351,098	161,470	,000
Pre_DAT5	7446,425	1	7446,425	358,800	,000
tipo_curso	375,025	7	53,575	2,581	,015
Error	3714,910	179	20,754		
Total	320173,000	188			
Total corregida	14634,484	187			

a R cuadrado = ,746 (R cuadrado corregida = ,735)

II.3.- Ganancia Real de Valores DAT-5 en cada curso.

Variable dependiente: Post_DAT5

Parámetro	B	Error típ.	t	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite inferior	Límite superior
Intersección	13,015	1,415	9,199	,000	10,223	15,807
Pre_DAT5	,722	,038	18,942	,000	,647	,797
RA	4,385	1,302	3,367	,001	1,815	6,954
ET	3,524	1,243	2,834	,005	1,070	5,977
GD	3,825	1,353	2,827	,005	1,155	6,495
GD-3D	4,193	1,387	3,023	,003	1,456	6,930
PC	4,768	1,395	3,418	,001	2,016	7,521
NDS	3,609	1,592	2,266	,025	,467	6,751
VIDEO	4,305	1,259	3,419	,001	1,820	6,789
CONTROL	0(a)	.	.	.	.	.

a Al parámetro se le ha asignado el valor cero porque es redundante.

II.4.- Valores medios de Post-DAT-5 ajustados

Variable dependiente: Post_DAT5

tipo_curso	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
			Límite inferior	Límite superior
RA	41,142(a)	,941	39,285	42,998
ET	40,280(a)	,862	38,579	41,982
GD	40,582(a)	,996	38,616	42,547
GD-3D	40,950(a)	1,053	38,872	43,028
PC	41,525(a)	1,011	39,529	43,521
NDS	40,366(a)	1,254	37,891	42,841
VIDEO	41,061(a)	,804	39,474	42,648
CONTROL	36,757(a)	,927	34,927	38,586

a Las covariables que aparecen en el modelo se evalúan en los siguiente valores: Pre_DAT5 = 32,8830.

Ranking de valores por orden de ganancia.

De los apartados I.3 y II.3, se extraen los valores de ganancia obtenidos en cada curso para los test MRT y DAT-5. Se ordenan en la tabla 5.1 de forma que se pueden observar cuales son los cursos en los que se obtiene mayores y menores ganancias en el desarrollo de la habilidad espacial.

ORDEN	Ganancia MRT	ORDEN	Ganancia DAT-5:SR
1°	NDS 5,060	1°	PC 4,768
2°	ET 4,634	2°	RA 4,385
3°	GD-3D 4,449	3°	VIDEO 4,305
4°	RA 3,694	4°	GD-3D 4,193
5°	VIDEO 3,530	5°	GD 3,825
6°	GD 2,754	6°	NDS 3,609
7°	PC 2,510	7°	ET 3,524
	CONTROL 0		CONTROL 0

Tabla 5. 1 Ranking de cursos para mejorar la capacidad espacial.

5.2 MODELOS DE REGRESIÓN PARA ESTIMAR EL RESULTADO POST-TEST.

Se propone un modelo matemático para predecir el resultado de la medida de post-test en cada uno de los cursos en función del nivel de capacidad espacial (pre-test) del estudiante. De forma que a partir de la medición de MRT y DAT que tenga un estudiante, es posible conocer a priori el nivel que puede alcanzar en cada uno de los test si realiza un curso determinado.

Con la serie de datos de cada uno de los cursos para las parejas pre/post test se realizarán los ajustes de diferentes curvas por *minimos cuadrados* y se elegirá la expresión que mejor se ajuste a los datos conocidos (lineal, exponencial, logarítmica, potencial o polinómica).

El coeficiente de determinación R^2 identifica el grado de bondad de ajuste de los datos a la curva (si $R^2 \approx 1$ ajuste perfecto, si $R^2 \approx 0$ ajuste idéntico al dado por la media del POST TEST, sin tener en cuenta el PRE TEST).

A continuación se presentan los modelos del ajuste de diferentes curvas para cada uno de los cursos (y =post-test ; x =pre-test). Sombreado se indica el ajuste más apropiado teniendo en cuenta el valor del coeficiente de correlación y la sencillez del modelo.

MRT_RA		R2	DAT-5_RA		R2
Lineal	$y = 0,7644x + 12,676$	0,60	Lineal	$y = 0,8107x + 14,812$	0,70
Exponencial	$y = 14,574e^{0,305x}$	0,59	Exponencial	$y = 19,587e^{0,0225x}$	0,70
Logarítmica	$y = 10,854\ln(x) - 3,4218$	0,55	Logarítmica	$y = 19,28\ln(x) - 25,868$	0,65
Potencial	$y = 7,2746x^{0,4512}$	0,59	Potencial	$y = 6,1273x^{0,5453}$	0,67
Polinómica	$y = -0,0003x^4 + 0,0233x^3 - 0,6623x^2 + 8,0668x - 11,707$	0,63	Polinómica	$y = -0,0019x^3 + 0,156x^2 - 3,136x + 44,593$	0,73

MRT_ET		R2	DAT-5_ET		R2
Lineal	$y = 0,9132x + 10,684$	0,63	Lineal	$y = 0,7333x + 16,216$	0,60
Exponencial	$y = 12,448e^{0,0391x}$	0,55	Exponencial	$y = 18,662e^{0,0229x}$	0,60
Logarítmica	$y = 16,272\ln(x) - 18,453$	0,66	Logarítmica	$y = 17,109\ln(x) - 19,025$	0,62
Potencial	$y = 3,3715x^{0,7167}$	0,61	Potencial	$y = 5,7464x^{0,5581}$	0,68
Polinómica	$y = -0,0266x^2 + 1,979x + 1,5084$	0,66	Polinómica	$y = -0,0009x^3 + 0,05x^2 + 0,1681x + 13,763$	0,66

MRT_GD-3D		R2	DAT-5_GD-3D		R2
Lineal	$y = 0,7093x + 13,314$	0,54	Lineal	$y = 0,5835x + 21,144$	0,80
Exponencial	$y = 14,254e^{0,0301x}$	0,49	Exponencial	$y = 24,294e^{0,0151x}$	0,79
Logarítmica	$y = 9,4543\ln(x) + 0,2516$	0,48	Logarítmica	$y = 16,927\ln(x) - 18,234$	0,78
Potencial	$y = 8,1134x^{0,4048}$	0,45	Potencial	$y = 8,6747x^{0,4415}$	0,78
Polinómica	$y = 0,0011x^3 - 0,0407x^2 + 1,0413x + 13,292$	0,55	Polinómica	$y = -0,0033x^2 + 0,7871x + 18,208$	0,80

MRT_GD		R2	DAT-5_GD		R2
Lineal	$y = 0,8626x + 10,581$	0,57	Lineal	$y = 0,7736x + 15,225$	0,74
Exponencial	$y = 12,608e^{0,0365x}$	0,54	Exponencial	$y = 18,022e^{0,0239x}$	0,70
Logarítmica	$y = 17,569\ln(x) - 23,59$	0,64	Logarítmica	$y = 21,198\ln(x) - 32,153$	0,81
Potencial	$y = 2,8398x^{0,7588}$	0,62	Potencial	$y = 3,9677x^{0,6693}$	0,80
Polinómica	$y = 0,003x^3 - 0,247x^2 + 7,0198x - 34,189$	0,67	Polinómica	$y = -0,0291x^2 + 2,4742x - 6,5228$	0,83

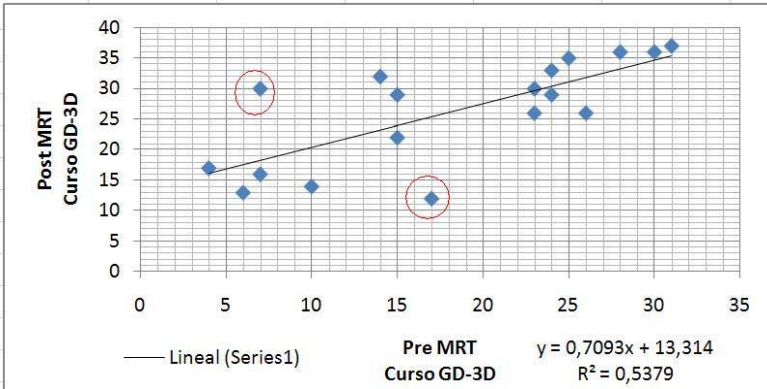
MRT_NDS		R2	DAT-5_NDS		R2
Lineal	$y = 1,4395x + 4,8947$	0,81	Lineal	$y = 0,7348x + 16,104$	0,77
Exponencial	$y = 8,1692e^{0,0743x}$	0,69	Exponencial	$y = 22,216e^{0,0177x}$	0,77
Logarítmica	$y = 13,421\ln(x) - 9,2435$	0,74	Logarítmica	$y = 27,689\ln(x) - 56,249$	0,81
Potencial	$y = 3,7198x^{0,7166}$	0,68	Potencial	$y = 3,8184x^{0,6721}$	0,82
Polinómica	$y = -0,0101x^3 + 0,3663x^2 - 2,3626x + 15,087$	0,84	Polinómica	$y = -0,0241x^2 + 2,5782x - 18,001$	0,83

MRT_PC		R2	DAT-5_PC		R2
Lineal	$y = 0,9755x + 7,2233$	0,75	Lineal	$y = 0,5628x + 23,796$	0,81
Exponencial	$y = 11,515e^{0,0388x}$	0,64	Exponencial	$y = 26,556e^{0,0137x}$	0,78
Logarítmica	$y = 19,442\ln(x) - 30,044$	0,77	Logarítmica	$y = 19,004\ln(x) - 23,299$	0,86
Potencial	$y = 2,4538x^{0,795}$	0,70	Potencial	$y = 8,2108x^{0,4708}$	0,86
Polinómica	$y = -0,022x^2 + 1,9818x - 2,8641$	0,79	Polinómica	$y = -0,0148x^2 + 1,6115x + 6,5399$	0,87

Todos los ajustes son perfectamente válidos desde el punto de vista de la relación existente entre los datos pre/post. Desde el punto de vista de la predicción, el coeficiente de determinación indica el porcentaje de variabilidad de la variable y (post-test) que puede ser explicada por la variable x (pre-test). Un ajuste con $R^2 = 0,80$, por ejemplo, indica que el 80% de la variabilidad del post-test puede ser explicada mediante el modelo (ajuste) que considera el pre-test.

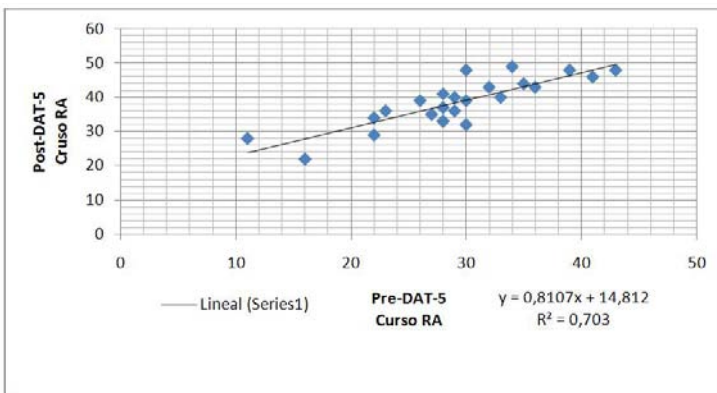
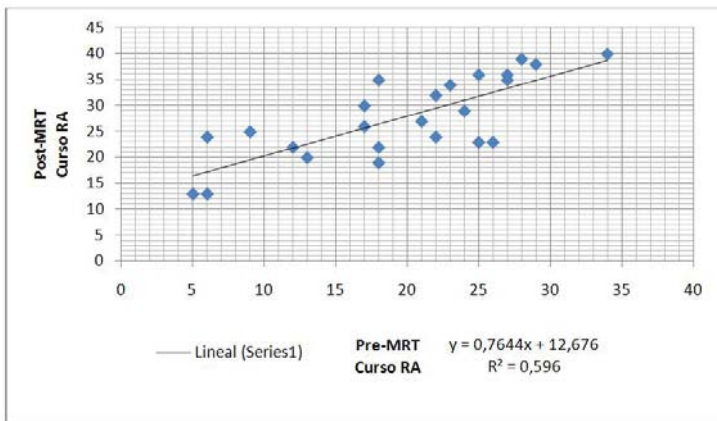
Se propone un modelo de predicción lineal en todos los casos, por sencillez del modelo y magnitudes similares con respecto al resto de modelos, en cuanto al ajuste R^2 .

Resulta muy arriesgado utilizar el ajuste para la predicción de MRT en curso GD-3D. Como se puede ver en el siguiente gráfico, hay dos individuos muy distantes de la recta de ajuste. Para obtener un modelo más preciso, se prescindirá de estos dos individuos que distorsionan el ajuste.

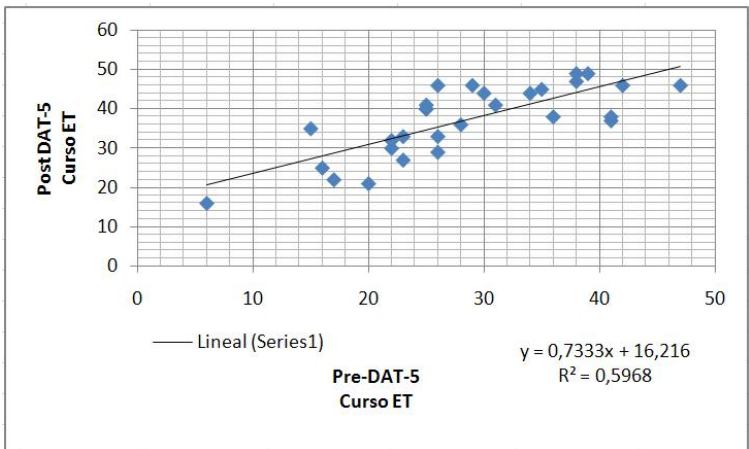
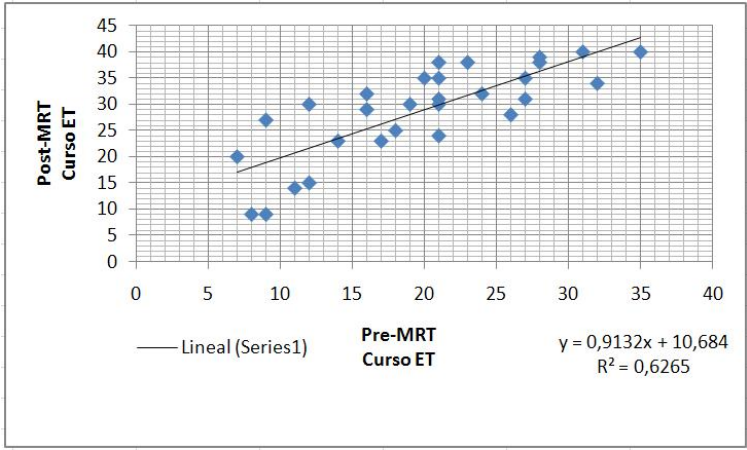


El nuevo ajuste es: $y = 0,805x + 11,593$; valor de $R^2 = 0,7576$

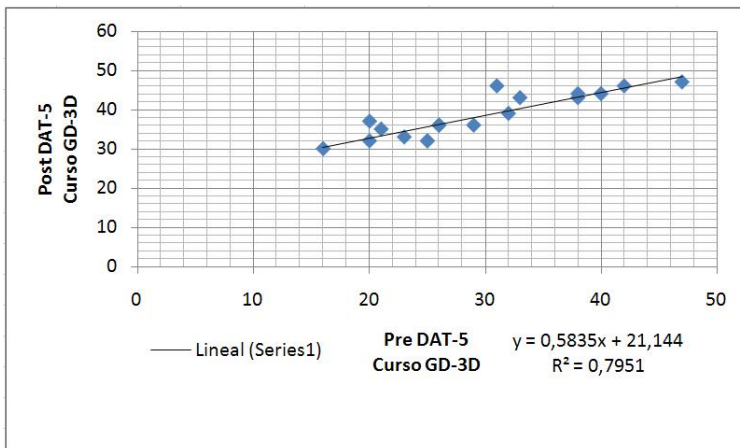
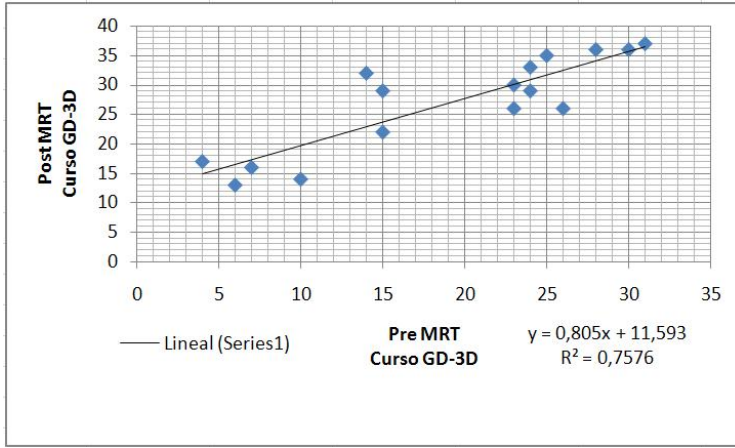
i. *Modelo de regresión para Curso de desarrollo de la HE basado en Realidad Aumentada.*



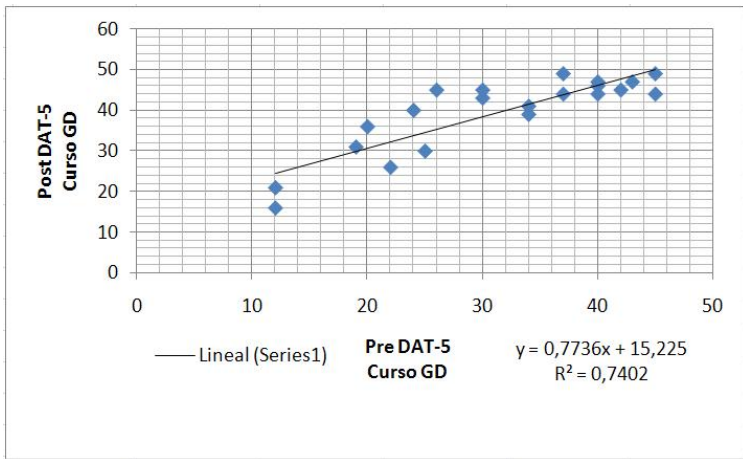
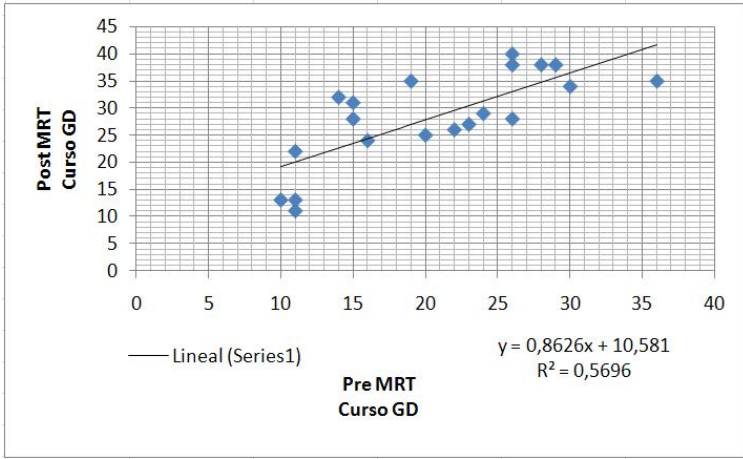
II. *Modelo de regresión para Curso de desarrollo de la HE basado en Ejercicios tradicionales croquizados.*



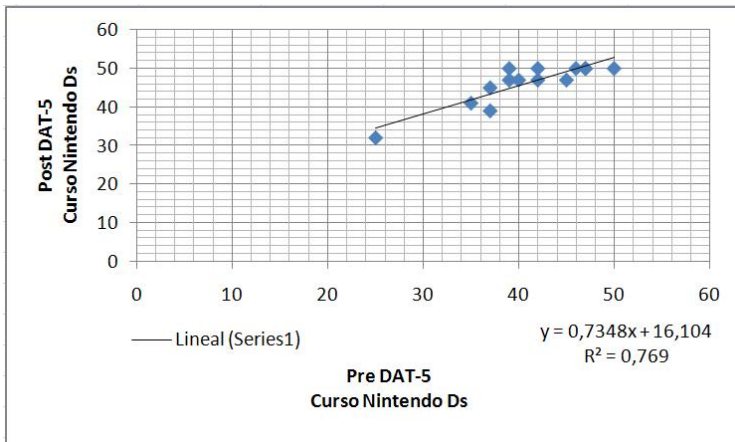
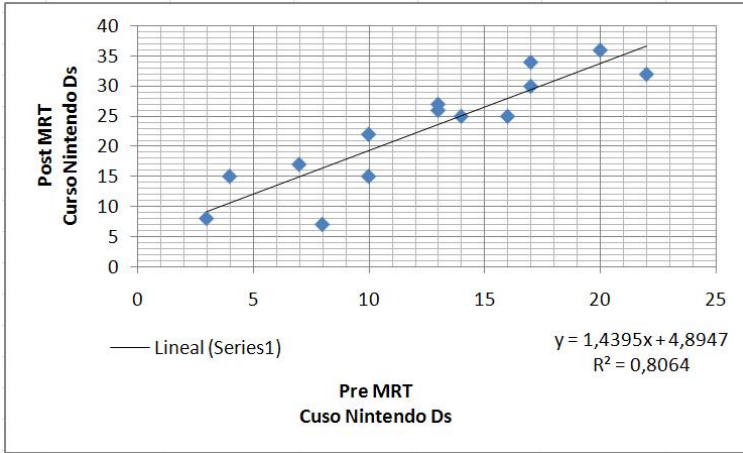
III. *Modelo de regresión para Curso de desarrollo de la HE basado en Geometría Descriptiva apoyo de Diedro 3D.*



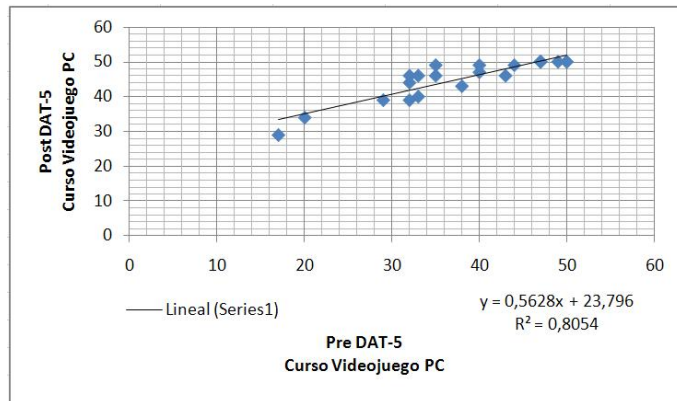
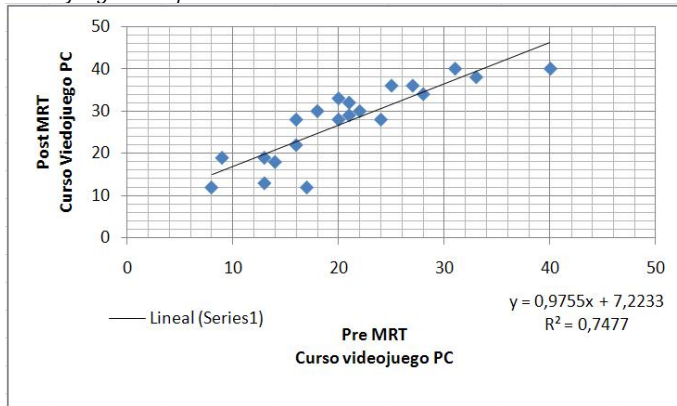
IV. *Modelo de regresión para Curso de desarrollo de la HE basado en Geometría Descriptiva.*



V. *Modelo de regresión para Curso de desarrollo de la HE basado en Videojuegos con plataforma Nintendo DS*



VI. *Modelo de regresión para Curso de desarrollo de la HE basado en Videojuegos con plataforma PC.*



En resumen:

Curso		Modelos de regresión	Coef. Det.(R ²)
Basado en RA	MRT	Post-MRT = 0,7644*Pre-MRT + 12,676	R ² = 0,596
	DAT-5	Post-DAT = 0,8107*Pre-DAT + 14,812	R ² = 0,703
Ejercicios Tradicionales	MRT	Post-MRT = 0,9132* Pre-MRT + 10,684	R ² = 0.6265
	DAT-5	Post-DAT = 0,7333*Pre-DAT + 16,216	R ² = 0.5968
GD-3D	MRT	Post-MRT = 0,805*Pre-MRT + 11,593	R ² = 0,7576
	DAT	Post-DAT = 0,5835* Pre-DAT + 21,144	R ² = 0,7951
GD	MRT	Post-MRT = 0,8626* Pre-MRT + 10,581	R ² = 0.5696
	DAT	Post-DAT = 0,7736* Pre-DAT + 15,225	R ² = 0.7402
NDS	MRT	Post-MRT = 1,4395* Pre-MRT + 4,8947	R ² = 0.8064
	DAT	Post-DAT = 0,7348* Pre-DAT + 16,104	R ² = 0.769
PC	MRT	Post-MRT = 0,9755* Pre-MRT + 7,2233	R ² = 0.7477
	DAT	Post-DAT = 0,5628* Pre-DAT + 23,796	R ² = 0.8054

Tabla 5. 2 Modelos de regresión.

5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS.

5.3.1 Comparación de resultados con otras experiencias desarrolladas en la Universidad de La Laguna.

A comienzos del curso 2004-05, en la misma universidad que se realizaron los estudios experimentales de esta tesis (Universidad de La Laguna), se llevó a cabo, en el marco de la tesis doctoral de Saorín (2006), la experiencia de conocer el efecto que producen las asignaturas de Expresión Gráfica en las titulaciones de ingeniería en el desarrollo de la HE. Se realizó la medición de la capacidad de visión espacial en los alumnos de ingeniería y arquitectura, al principio y al final del cuatrimestre en que se cursaron las asignaturas de Expresión Gráfica y Geometría Descriptiva. Saorín (2006) utiliza los test MRT (versión 20 ítems) y DAT:SR (versión 60 ítems), para medir las dos componentes de la habilidad espacial (relaciones espaciales y visualización espacial).

En su trabajo, Saorín propone tres de cursos de intensificación (A, B, C) de corta duración, para mejorar la capacidad de visión espacial de los estudiantes que presentaban peores resultados en los test, midiendo de nuevo los niveles de HE al finalizar el curso. El primer grupo (A) fue un curso de intensificación basado en ejercicios clásicos de lápiz y papel, el segundo grupo (B) entrenó con aplicaciones Web de contenidos de Expresión Gráfica y el tercer grupo (C) utilizó la aplicación de bocetado por ordenador e-CIGRO, desarrollada por el grupo de investigación REGEO (Regeo, 2009).

Por otra parte, en Octubre 2006, Martín-Dorta (2006) impartió un curso de intensificación para desarrollar las habilidades espaciales en los estudiantes de Ingeniería Técnica de Obras Públicas.

Para los trabajos desarrollados en esta tesis, la población de estudio vuelve a ser los estudiantes que acceden a las titulaciones técnicas en la Universidad de La Laguna.

Para realizar las mediciones de los test y conocer el efecto de los cursos de intensificación para desarrollar la HE descritos en esta tesis, se utilizaron las mismas condiciones que realizaron Saorín y Martín-Dorta.

Herramientas de medición.

- El test MRT-versión 20 ítems, es el utilizado en todas las experiencias.
- El test DAT:SR – Nivel 2, (versión 60 ítems) ha sido utilizado en todas las experiencias excepto en las realizadas en el curso 2008-09 que se utilizó la nueva versión de la batería de “test de aptitudes diferenciales”. (DAT-5:SR- Nivel 2, versión 50 ítems).

Curso	MRT	Versión DAT
2004-05	MRT- 20 ítems	DAT:SR (60 ítems)
2006-07	MRT- 20 ítems	DAT:SR (60 ítems)
2007-08	MRT- 20 ítems	DAT:SR (60 ítems)
2008-09	MRT- 20 ítems	DAT-5:SR (50 ítems)

La siguiente tabla muestra los datos de las experiencias realizadas en la Universidad de La Laguna y el valor de referencia indicado en los manuales de los test DAT.

		Pre-MRT	Ganancia MRT	Pre-DAT:SR	Ganancia DAT	Pre-DAT-5:SR	Ganancia DAT-5:SR
VALOR REFERENCIA N=786 hombres				36.30 (10.05)			
VALOR REFERENCIA N=958 mujeres				34.14 (10.52)			
VALOR REFERENCIA N=444 (hombres y mujeres)						34.57 (8.56)	
Octubre 2004	Población N=460 Curso asignatura EG	16.51 (7.76)	6.51 (6.21)	43.07 (9.78)	5.22 (6.37)		
	Curso Lápiz/papel* n=17 / 6 horas (A)	8,18 (4,60)	5,35 (4,35)	28,47 (8,57)	10,88 (5,48)		
	Curso WEB* n=15 / 6 horas (B)	9,60 (4,46)	3,36 (5,85)	30,53 (5,40)	5,13 (5,25)		
	Curso E-Cigro* n=20 / 6 horas (C)	7,85 (3,56)	4,20 (4,49)	33,00 (6,26)	7,40 (5,92)		
Octubre 2006	Curso G. SketchUp n=40 / 12 horas	19.03 (7.60)	5.48 (5.66)	41.58 (10.34)	8.30 (6.73)		
Septiembre 2007	Población N=119	17.55 (8.31)		39.13 (11.07)			
	Curso Videojuego NDS	12.43 (5.73)	10.36 (4.76)	43.14 (8.30)	8.93 (4.76)		
	Curso Videojuego PC	20.76 (8.01)	6.72 (4.54)	40.38 (11.51)	9.29 (5.09)		
Septiembre 2008	Población N=445	18.65 (8.35)				29.41 (9.18)	
	Curso RA n=24 / 9 horas	19.67 (7.91)	8.04 (5.31)			29.17 (7.29)	9.29 (4.08)
	Curso ET n=29 / 10 horas	19.79 (7.62)	8.97 (5.41)			28.48 (9.48)	8.62 (6.25)
	Curso GD n=21 / 9 horas	20.81 (7.40)	6.96 (6.68)			31.29 (10.41)	8.14 (5.32)
	Curso GD-3D n=19 / 9 horas	17.32 (9.56)	9.11 (7.83)			29.53 (8.44)	9.00 (4.37)

Tabla 5. 3 Datos de experiencias realizadas en la ULL

Los participantes de los cursos marcados con (*) fueron seleccionados de la población total, para realizar los cursos, por presentar niveles muy bajos en las medidas MRT y DAT. No se dispone de un valor de referencia de la media aritmética para el valor MRT, de modo que se considera como valor de partida, el obtenido en el estudio de Saorín. Se puede observar que hay una evolución positiva en la población que accede a la universidad, en cuanto a relaciones espaciales.

El mero hecho de comparar los datos por observación, induce a tener una serie de conclusiones que son bastante interesantes en sí mismas y que podrían conducir a nuevos estudios.

Los datos hablan por sí solos, todas las experiencias son positivas en cuanto al desarrollo de la HE. Los cursos: videojuego con Nintendo DS, Realidad Aumentada, croquizado de ejercicios seleccionados, y Sistema Diedrico con apoyo de software Diedro-3D que se han realizado en esta tesis, proporcionan una mayor ganancia en las relaciones espaciales (MRT) si se comparan con el efecto de cursar la asignatura cuatrimestral de Expresión Gráfica y el curso de modelado con la aplicación Google SketchUp. En cuanto a la ganancia en visualización espacial (DAT), todas las experiencias tienen ganancias similares.

Los participantes en los cursos marcados con (*) no tienen el mismo perfil que los participantes en el resto de cursos, de forma que al no ser homogéneos con las

características de los participantes en los cursos desarrollados en este trabajo, no se puede establecer una comparación con argumentos sólidos.

5.3.2 Comparación de resultados con otros estudios.

En España los estudios referenciados en el ámbito de la medición de la capacidad espacial en estudiantes universitarios, además de en la Universidad de La Laguna, han sido llevados a cabo en Universidad de Alicante, Universidad Complutense de Madrid y Universidad Politécnica de Barcelona.

Se pueden comparar los niveles de capacidad de visión espacial de los estudiantes de la Universidad de La Laguna con los de otras universidades y así hacerse una idea global de las habilidades espaciales que tienen antes de comenzar a estudiar las carreras técnicas.

Hay numerosos estudios en los que se utilizan test métricos para medir la capacidad espacial. Los test son muy numerosos, y aún utilizando el mismo test es importante asegurarse que utilizan la misma versión y que se ha administrado de la misma manera.

En la revisión bibliográfica se han encontrado diferentes versiones de test MRT y diferentes maneras de obtener los resultados (tiempo de ejecución distintos, número de ítems distintos, formato digital en web...). Según el organismo o institución que ha adaptado / validado el test, las versiones de unos países a otros puede variar. En el test DAT:SR también se han encontrado distintas versiones con número de ítems diferente.

La tabla 5.4 muestra datos de estudios similares a los desarrollados en esta tesis, pero la mayoría de los autores que han investigado el desarrollo de las habilidades espaciales, y han utilizado los test MRT y DAT no coinciden con versión de test utilizada en esta tesis, o presentan los datos, en formato de porcentajes de aciertos o bajo otro índice que no permite tener la medición en el mismo rango de medida.

En la siguiente tabla se incluyen resultados obtenidos de experiencias realizadas en universidades nacionales e internacionales. Los resultados de estas universidades son perfectamente comparables, ya que se han utilizado exactamente los mismos test.

	Pre-MRT	Post MRT	Ganancia MRT	Pre DAT:SR	Post-DAT-SR	Ganancia DAT	Pre DAT-5:SR	Post DAT-5:SR	Ganancia DAT-5:SR
VALOR REFERENCIA N=786 hombres				36.30 (10.05)					
VALOR REFERENCIA N=958 mujeres				34.14 (10.52)					
VALOR REFERENCIA N=444 (hombres y mujeres)							34.57 (8.56)		
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA									
Población N=119	17.55 (8.31)			39.13 (11.07)					
Curso Videojuego NDS	12.43 (5.73)	22.79 (9.19)	10.36 (4.76)	43.14 (8.30)	52.07 (8.40)	8.93 (4.76)			
Curso Videojuego PC	20.76 (8.01)	27.48 (9.03)	6.72 (4.54)	40.38 (11.51)	49.67 (8.68)	9.29 (5.09)			
Población N=445	18.65 (8.35)						29.41 (9.18)		
Curso RA n=24 / 9 horas	19.67 (7.91)	27.71 (7.83)	8.04 (5.31)				29.17 (7.29)	38.46 (7.05)	9.29 (4.08)
Curso ET n=29 / 10 horas	19.79 (7.62)	28.76 (8.79)	8.97 (5.41)				28.48 (9.48)	37.10 (9.00)	8.62 (6.25)
Curso GD n=21 / 9 horas	20.81 (7.40)	27.76 (8.81)	6.96 (6.68)				31.29 (10.41)	39.43 (9.36)	8.14 (5.32)
Curso GD-3D n=19 / 9 horas	17.32 (9.56)	26.42 (8.33)	9.11 (7.83)				29.53 (8.44)	38.53 (5.55)	9.00 (4.37)
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA - Nueva metodología asignatura EG.									
EUETIB – 2005-06	21.74 (7.78)	28.6 (6.9)	-	39.5 (11.9)	47.48 (10.33)	Test en formato electrónico y personal.			
ETSEIB- 2005-06	23.8 (9.03)	30.0 (5.51)	-	45.47 (11.38)	50.9 (10.53)				
EUETIB-2006-07	21.74 (7.78)	30.97 (5.69)	-	38.3 (10.9)	46.47 (10.08)				
EUETIT-2006-07	23.47 (7.23)	30.39 (5.31)	-	42.71 (8.21)	44.9 (9.37)				
UNIVERSIDAD DE ALICANTE - Medidas de estudiantes que acceden a la universidad.									
(n=786) (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998)	-	-	-	34.4 (4.7)					
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID- Influencia de asignaturas gráficas en las habilidades espaciales.									
(n=535) (Dominguez Posada, 1994)	-	-	-	47.6 (3.30)	51.3 (3.63)				
UNIVERSITY PENDIKIAN SULTAN IDRIS - MALAYSIA. Curso con herramienta WEB									
n=138 (Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006)	21.78 (2.97)	24.39 (3.01)							
MICHIGAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY. Cursos con software multimedia.									
n= 11 y n= 9 (Gerson H. , Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2001)	22.36 (7.07)	28.05 (6.07)	6.09				31.09 (5.82)	39.30 (4.27)	8.21
	21.14 (8.90)	27.10 (6.94)	6.00				34.86 (6.96)	43.10 (5.03)	8.29

Tabla 5. 4 Datos de experiencias en otros estudios.

En esta tabla se puede observar la falta de homogeneidad en el nivel de habilidad espacial que tienen los estudiantes al acceder a la universidad. Saorin en su trabajo doctoral, apunta que esto es debido a que los procesos de selección de estudiantes no son iguales en todas las universidades y puede ser debido a varias causas:

- Nota mínima de entrada en la Prueba de Acceso a la Universidad
- Números clausus
- Prestigio/fama de la universidad
- Exigencia de un itinerario en Bachiller para acceder a carreras técnicas
- Fama de exigencia o dificultad de las carreras técnicas

Se puede añadir que las diferencias también pueden ser debidas a que con el paso del tiempo la población tiene mayores niveles de capacidad espacial, ya que las herramientas y tareas de uso cotidiano así como las tecnologías de reciente aparición ayudan a adquirir mayores niveles de visión espacial. El uso de videojuegos, consolas interactivas, dispositivos móviles con navegadores y menús, internet...ayudan a tener mejor capacidad espacial.

En el caso del DAT, en las instrucciones en español suministradas por TEA, se disponen de datos medios para la población universitaria española que permite determinar el nivel de habilidades espaciales de los alumnos al comienzo de las carreras universitarias. Es interesante comprobar, que los valores obtenidos por los alumnos de carreras técnicas están en torno a la media.

En cambio, con la nueva versión de DAT-5, adaptada a estudios más recientes con la población española, el valor medio obtenido en la ULL es un valor inferior al esperado para este segmento de población, pero que realizando los cursos propuestos, superan dicha media.

En el caso del test MRT no existen valores de referencia, por lo que lo único que se puede hacer es comparar los valores de unas universidades con los de otras.

De nuevo se observan unos valores muy altos para el resto de universidades que refleja la tabla, con respecto al valor de la ULL.

Los valores obtenidos por la UPC – Barcelona fueron administrados en formato electrónico-web, por tanto este hecho influye en el resultado. No se dispone de información acerca de si los test administrados en UPC están validados, en cualquier caso las condiciones y los tiempos de respuesta son distintos.

5.4 DISCUSION DE RESULTADOS.

Todas las experiencias realizadas en esta tesis tienen por objeto desarrollar las habilidades espaciales de los estudiantes que acceden a las titulaciones técnicas universitarias y así dotarles de una mayor capacidad de visión espacial, lo que les permitirá tener mayor facilidad para comprender los contenidos de las asignaturas de Expresión Gráfica.

Todos los grupos que han realizado las experiencias mejoran los niveles de capacidad espacial si se comparan con un grupo de control que no realizó ningún tipo de entrenamiento.

Experiencias utilizando videojuegos.

Sin distinguir en qué tipo de plataforma se juega, la mejora es patente en todo el grupo, y desde el punto de vista estadístico se puede afirmar que todas las personas que realizan este tipo de entrenamiento mejoraría sus niveles de visión espacial.

Si se distingue entre los que participan entrenando con Pc o con Nintendo DS, ambos grupos mejoran sus niveles de visión espacial. En la componente de relaciones espaciales (MRT) mejoran en mayor medida los que entrenan con NDS y en la componente de visualización espacial (DAT) no hay mejora significativa entre ambos, los dos grupos mejoran por igual.

Los participantes en el grupo NDS fueron mayoritariamente mujeres. Se planificó de este modo por que las mujeres suelen tener (en cuanto a visión espacial) niveles de partida inferiores a los de hombres. La estrategia es comprobar que la plataforma táctil podría posicionar a las personas con niveles en visión espacial más desfavorables en un nivel cercano al de la media de la población o superior. En relaciones espaciales (MRT) los participantes en NDS parten de niveles muy por debajo de los participantes en Pc (12.4 vs 20.7) y en visualización espacial muestran niveles de partida muy semejantes (40.3 vs 43.1).

Después del entrenamiento el grupo NDS acorta distancias con respecto a los que entrenan con Pc. En relaciones espaciales, ambos grupos llegan a estar por encima de la media si se compara con medidas en poblaciones similares obtenidas de estudios internacionales. En visualización espacial, ambos grupos consiguen puntuaciones por encima de la media nacional, grupo NDS (49,6 ptos) y grupo Pc (52 ptos), frente a la media nacional de aproximadamente 35 puntos.

Las personas que entrenaron en NDS obtienen mayores ganancias que los que entrenan en PC en la componente de relaciones espaciales (rotación mental). En el caso de un entrenamiento en NDS el rango de ganancia sería entre 7.6 y 13.1 puntos y si se entrena con Pc, el rango de ganancia estaría entre 4.6 y 8.7 puntos. En la componente de visualización espacial, ambos grupos mejoran aproximadamente la misma cantidad, entre 6 y 11 puntos.

Experiencias basadas en Geometría Descriptiva.

Se realizaron dos cursos basados en Geometría Descriptiva, en concreto Sistema Diédrico, con los mismos contenidos pero utilizando distinta metodología.

Independientemente de la metodología utilizada el aprovechamiento de un curso basado en contenidos de sistema diédrico mejora la capacidad de visión espacial, en las personas que lo realizan.

Teniendo en cuenta la metodología utilizada en cada uno de los cursos, se puede decir que el curso que utiliza el visualizador dinámico tridimensional (Diedro 3D), mejora en

mayor medida la capacidad de visión espacial. De forma que se puede considerar que el uso de herramientas informáticas tridimensionales para explicar los contenidos de sistema diédrico ayudan a desarrollar la habilidad espacial.

Aunque la mejora en el curso que utiliza Diedro3D es mayor que el curso que no lo utiliza, la diferencia no es estadísticamente significativa, en ambos cursos la mejora desarrollada es igual.

En cuanto a género, no hay diferencias de mejora, de forma que tanto hombres como mujeres mejoran por igual, en cualquiera de las dos metodologías utilizadas.

Después de realizar el entrenamiento, tanto el grupo que utilizó Diedro3D como el grupo que no lo utilizó, llegan a tener el mismo nivel de visión espacial. En relaciones espaciales, es superior si se compara con experiencias similares de estudios a nivel internacional y en visualización espacial es aproximadamente de 39 puntos frente a la media nacional que es de 36 puntos.

Experiencia basada en Ejercicios tradicionales.

El curso basado en croquizado de ejercicios tradicionales de expresión gráfica, desarrolla las habilidades espaciales en las personas que realizan este tipo de entrenamiento.

Los niveles alcanzados tanto en relaciones espaciales como en visualización espacial (28.7 y 37.1) están por encima de los valores medios nacionales y de otros estudios similares realizados a nivel internacionales.

El grupo de seis personas que ampliaron en 4 horas el entrenamiento con respecto a los demás participantes, no muestran diferencias significativas en los niveles que alcanzaron al compararlos con el grupo total. Superar las diez horas con este tipo de entrenamiento no influye en la obtención de mayores niveles de visión espacial.

Experiencia basada en Realidad Aumentada.

El curso basado en material que utiliza la tecnología de RA, mejora la capacidad espacial de las personas que realizan este tipo de entrenamiento.

Los niveles alcanzados tanto en relaciones espaciales como en visualización espacial (27.7 y 38.4) están por encima de los valores medios nacionales y de otros estudios similares realizados a nivel internacionales.

El material del curso utiliza la tecnología de RA para manipular objetos tridimensionales, de forma que una vez más se puede afirmar que las estrategias que utilizan herramientas tridimensionales desarrollan la habilidad espacial.

Comparando visualmente la ganancia de niveles alcanzados con cualquiera de estos cursos y los estudios realizados para estudiar el efecto de cursar asignaturas en la obtención de habilidades espaciales, se observa que los resultados son muy similares, en algunos de los casos, los cursos propuestos mejoran más que el efecto de la asignatura.

Aunque la capacidad espacial ha sido estudiada utilizando la tecnología de realidad virtual (Durlach, y otros, 2000) hay estudios en los que se utiliza una aplicación de realidad aumentada para entrenar la habilidad espacial (Kaufmann, Steinbügl, Dünser, & Glück, 2005). (Dünser, Steinbügl, Kaufmann, & Glück, 2006), presentaron el primer estudio en el que analizaron que ciertos aspectos de la capacidad espacial se podían entrenar utilizando una aplicación de RA.

La aplicación Construct3D fue la aplicación utilizada para realizar el estudio (Kaufmann H. , 2002). Esta aplicación es una herramienta de construcciones geométricas en 3D, diseñado específicamente para la enseñanza de matemáticas y geometría.

La aplicación AR_DEHAES, se apoya en tecnología de realidad aumentada para desarrollar la habilidad espacial en el ámbito de ingeniería gráfica.

En la siguiente tabla se muestran las diferencias entre Construct3D y AR_Dehaes.

Construct3D	AR-Dehaes
Dominio	
<ul style="list-style-type: none"> • Construct3D es una herramienta de construcción geométrica en tres dimensiones, diseñada específicamente para la enseñanza de matemáticas y geometría. 	<ul style="list-style-type: none"> • AR-Dehaes es una herramienta de visualización en tres dimensiones diseñada para el desarrollo de las habilidades espaciales basado en conceptos básicos de dibujo técnico.
Conocimientos previos	
<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario tener conocimientos previos de geometría y matemáticas para llevar a cabo las operaciones en Construct3D. 	<ul style="list-style-type: none"> • No son necesarios conocimientos previos en dibujo técnico.
Equipamiento, coste y disponibilidad	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo sofisticado y costoso • Sólo se puede utilizar en un laboratorio de ordenadores con equipo especial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos sencillos y de bajo costo (un ordenador personal y una cámara web). - Se puede usar en casa. Un laboratorio de ordenadores se puede utilizar si se le añade al PC una web.
Contenido y modo de aprendizaje	
<ul style="list-style-type: none"> • El contenido abierto: el profesor puede proponer nuevos ejercicios para ser resueltos con el sistema. • El profesor es el guía en el proceso de aprendizaje. Interacción "Face-to-face", entre el profesor y el estudiante. 	<ul style="list-style-type: none"> • El contenido cerrado: el magic-book, contiene los ejercicios que tiene codificados. • Enfocado a un aprendizaje autónomo. El profesor sólo se requiere para la presentación e indicaciones iniciales.
Resultados de aprendizaje	
<ul style="list-style-type: none"> • Resultado primario: Aprendizaje de contenidos de matemáticas y de geometría • Resultado secundario: mejora de capacidad espacial 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado primario: el desarrollo de las habilidades espaciales • Resultado secundario: el aprendizaje de algunos conceptos básicos de dibujo técnico.

Tabla 5. 5 Comparación entre Construct3D y AR_Dehaes

5.5 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 5.

Adánez, G., & Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal of Geometry and Graphics*, 6 (1), 99-109.

Domínguez Posada, R. (1994). 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, España.

Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools. *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-Human Interaction*, (págs. 125-132). Christchurch, New Zealand.

Durlach, N., Allen, G., Darken, R., Garnett, R., Loomis, J., Templeman, J., y otros. (2000). Virtual Environments and the Enhancement of Spatial Behavior: Towards a Comprehensive Research Agenda. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(6), 593-6.

Feng, J., & Spence, I. (2007). Playing an Action Video Game Reduces Gender Differences in Spatial Cognition. *Psychological Science*, 18 (10), 850-855.

Gerson, H., Sorby, S., Beberly, A., & Baartmans, J. (2001). The Development and Assessment of Multimedia Software for Improving 3-D Spatial Visualization Skills. *Journal Computer Applications Engineering Education*, 9(2), 105-113.

Gerson, H., Sorby, S., Wysocki, A., & Baartmans, B. (2001). The Development and Assessment of Multimedia Software for Improving 3-D Spatial Visualization Skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 9, 105-113.

Kaufmann, H. (2002). Construct3D: An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education. *Proceeding of ACM Multimedia Conference 2002*, (págs. 656-657). Juan Les Pins, France.

Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2005). General Training of Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 3, 65-76.

Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2003). Improving Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality - Application and Evaluation Design. *Proceeding of the 2005 VRIC Laval Virtual*, (págs. 25-34). France.

Martín- Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Contero, M. (2009). Do Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students? *International Journal of Engineering Education*, 25 (6), 1194-1204.

Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J., Contero, M., & Navarro, R. (2008b). Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería. *Actas XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.

Martín-Gutiérrez, J. (14 de Abril de 2009). Aspectos estadísticos en el análisis del desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería. *Programa de Acciones en el contexto del EEES de la Universidad de Jaén*. Linares, Jaén, España: Disponible en: <http://www.degarin.com/dehaes/>.

Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2006). Experiencia docente en asignaturas de Expresión Gráfica mediante uso de TIC,s. En A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín, J. Mesa González, & J. Mesa González (Edits.), *Current Developments in Technology-Assisted Education (2006)* (Vol. 2, págs. 1258-1262). Badajoz, España: FORMATEX.

- Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Martín-Dorta, N., & Saorín, J. (2010). Applying Augmented Reality in Engineering Education. *Proceeding of the 8th International Conference on Education*, (págs. 1619-1626). Honolulu, Hawaii.
- Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Navarro, R. (23-27 de Febrero de 2009). Desarrollo de las Habilidades Espaciales en estudiantes de Ingenierías - Póster. *I Jornadas científicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería civil e industrial de la Universidad de la Laguna*. La Laguna, Tenerife, España.
- Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2008). Aplicaciones Web para el desarrollo de las habilidades espaciales. *XX Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Valencia, España.
- Martín-Gutiérrez, J., Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. *XXI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.
- Muñoz, F., Lázaro, A., Gutiérrez, E., Jiménez, F., & Ariza, A. (2009). Diseño de una aplicación java para la enseñanza de la geometría descriptiva. *XXI Congreso Internacional Ingeniería Gráfica*. Lugo, España.
- Navarro, R., Saorín, J. L., Martín-Dorta, N., & Martín Gutiérrez, J. (2006). Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería y el desarrollo de la vision espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas. *Actas del VIII Congreso de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Madrid.
- Okagaki, L., & Frensch, P. A. (1994). Effects of Video Game Playing on Measures of Spatial Performance: Gender Effects in Late Adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 33–58.
- Pérez Carrión, M., Serrano, M., Díaz, M., Tomás, R., & Sentana, I. (2002). El desarrollo de la percepción espacial en la formación de los alumnos de estudios técnicos universitarios. *XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Santander, España.
- Pérez Carrión, T., & Serrano Cardona, M. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*. Alicante, España: Editorial Club Universitario ECU.
- Rafi, A., Samsudin, K., & Ismail, A. (2006). On Improving Spatial Ability through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction. *Educational Technology & Society*, 9(3), 149-159.
- Ramos, B., García, E., Baños, E., Melgosa, García, D., & Sainz, E. (2001-02). Recurso web:Taller de mejora de la visión espacial. <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/index2.shtml>.
- Regeo, R. G. (2009). Regeo Research Group. *Sitio web: www.regeo.uji.es*, Disponible en Noviembre 2009.
- Saorín, J. (2006). Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Saorín, J. L., Contero, M., Martín-Dorta, N., Martín-Gutiérrez, J., & Navarro, R. (2009). La capacidad de visión espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA. Ingeniería e industria*, 84(9), 721-732.
- Sorby, S. (1999a). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21–32.
- Torner Ribé, J. (2009). Desarrollo de habilidades espaciales en la docencia de Ingeniería Gráfica. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Urraza, G., & Ortega, J. (2009). Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de Expresión Gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 2(3), 261-271.

CAPÍTULO 6.

ESTUDIOS EXPERIMENTALES. Usabilidad.

6.1. INTRODUCCION.

Usabilidad se define coloquialmente como *la facilidad de uso, ya sea de una página web, una aplicación informática o cualquier otro sistema que interactúe con un usuario.*

La usabilidad tiene relación con el desarrollo de interacciones con productos (pueden ser sistemas, tecnologías, herramientas, aplicaciones, o dispositivos) que sean fáciles de aprender, efectivos y de uso agradable desde la perspectiva del usuario (Preece, Rogers, & Sharp, 2002).

La norma ISO 9241-11 proporciona las directrices relativas a la usabilidad de un determinado producto. Esta guía ha servido de modelo en este trabajo. En la norma ISO 9241-11 se expone que *"La usabilidad es una consideración importante en el diseño de productos, ya que se refiere a la medida en que los usuarios de los productos son capaces de trabajar de manera eficaz, eficiente y con la satisfacción."* En este documento la efectividad de un sistema está relacionada con sus objetivos (metas), la eficiencia está relacionada con el rendimiento de los recursos empleados para alcanzar esas metas, y la satisfacción se relaciona con aceptabilidad y comodidad (Aborg, Sandbald, Guillicksen, & Lif, 2003).

La usabilidad la entendemos como la capacidad de una aplicación o producto para dejarse usar con facilidad y de forma intuitiva, para facilitar la experiencia del usuario en lugar de entorpecerla. J. Nielsen (1994) indica que usabilidad tiene relación las capacidades humanas básicas. Por ello, es necesario tener en cuenta que las necesidades de los usuarios no cambian tan rápidamente como lo hacen las tecnologías.

Es difícil establecer formas de probar, medir, evaluar y comparar resultados cuantificables sobre la experiencia del usuario. Esto demanda definir métodos, métricas, procesos y herramientas para la medición y así poder conocer la usabilidad de una aplicación tecnológica o producto (Xperience_Consulting, 2003).



Fig 6.1 Objetivos de usabilidad. Fuente: Preece et al. 2002

La figura 6.1 muestra en el centro los objetivos (metas) de la usabilidad, y en los extremos la experiencia del usuario.

En el trabajo desarrollado en esta tesis es importante conocer el grado de satisfacción y opinión que los estudiantes tienen sobre los cursos que han realizado así como la eficiencia y eficacia de los materiales didácticos y metodologías empleados. Se pretende realizar un estudio formal siguiendo los estándares marcados para la obtención de las medidas de usabilidad. Los beneficios que puede reportar el estudio de usabilidad, servirán para mejorar los materiales didácticos, las herramientas, el aprendizaje, incrementar la satisfacción,...

Se diseñan encuestas para medir la eficiencia y la eficacia de los cursos, la opinión, la satisfacción y las preferencias de los estudiantes a la hora de realizar este curso. También se realiza un estudio de usabilidad de las herramientas informáticas utilizadas en el curso. El estudio de usabilidad se ha llevado a cabo en los cursos realizados en el año académico 2008-09:

- Curso de desarrollo de habilidades espaciales basado en tecnología de realidad aumentada.
- Curso de desarrollo de habilidades espaciales mediante contenidos de sistema diédrico.
- Curso de desarrollo de habilidades espaciales mediante contenidos de sistema diédrico apoyado con Diedro-3D
- Curso de desarrollo de habilidades espaciales mediante ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

También se ha realizado la usabilidad a la herramienta informática Diedro-3D.

6.2. MEDIDAS DE USABILIDAD.

En usabilidad se establecen diferentes medidas cuantitativas que permiten conocer el grado de aceptación y uso de un producto. Tres referencias con perspectivas similares sobre la usabilidad: Shackel (1991), Nielsen (1993, 2000) e ISO 9241-11.

Shackel (1991), se refiere a usabilidad en el contexto de la aceptación. Define la usabilidad de un sistema como la capacidad de ser utilizado por los seres humanos fácilmente y con eficacia. Este autor sugiere como criterios para medir:

- **Eficacia**, desempeño en relación con el cumplimiento de las tareas durante la interacción en términos de rapidez y de los errores.
- **Aprendizaje**, considerando el tiempo que requiere un usuario principiante para aprender a utilizar el sistema con un entrenamiento específico.
- **Flexibilidad**. Facilidad de adaptación de las tareas a situaciones distintas.
- **Actitud**, se refiere a la obtención de niveles aceptables de costes humanos en términos de cansancio, molestia, frustración y esfuerzo personal.

J. Nielsen, considera que la usabilidad es un aspecto acerca de la influencia de la aceptación del producto por parte de un usuario. Este autor plantea que la aceptabilidad de un producto está determinada por aspectos como fiabilidad, compatibilidad, costes. El concepto de usabilidad que propone considera los siguientes criterios (Nielsen, 1993):

- **Aprendizaje**, refiriéndose a la facilidad con que los nuevos usuarios alcanzan un nivel razonable del funcionamiento. J. Nielsen propone "*Learnability*" como un criterio fundamental.
- **La eficiencia**, se refiere a la facilidad con que el usuario logra un alto nivel de productividad en el funcionamiento del sistema.

- **Los errores**, se refiere al número de errores que los usuarios comenten.
- **La satisfacción (agrado)**, se refiere a la evaluación subjetiva que hacen los usuarios sobre cómo de agradable es de utilizar un sistema.
- **Memorización (retención)**, se refiere a la capacidad del usuario ocasional de recordar cómo utilizar un sistema después de pasado un tiempo.

El concepto de usabilidad aparece en dos normas de la Organización Internacional para la Estandarización, (ISO).

Refiriéndose a un software, la norma ISO/IEC 9126, la define en los siguientes términos:

"La usabilidad se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso".

Esta definición se refiere a los atributos internos y externos de un producto, en los cuales influye la usabilidad, la funcionalidad y la eficiencia. La medida de la usabilidad no depende solo del producto sino también del usuario, de forma que un producto tendrá la capacidad de ser usado en un contexto particular y por usuarios particulares. La usabilidad no puede ser valorada estudiando un producto de manera aislada (Bevan & Macleod, Usability Measurement in Context, 1994).

La norma ISO/IEC 9241-11, se refiere a usabilidad como *"la medida en que los usuarios de los productos son capaces de trabajar de manera eficaz, eficiente y con la satisfacción".*

Esta es una definición centrada en el concepto de *calidad en el uso (Quality in Use)*, y se refiere a cómo el usuario realiza tareas concretas en escenarios específicos con efectividad (Bevan, 1999).

Esta definición también explica cómo se puede medir las tareas y la satisfacción de los usuarios al interactuar con un sistema (Serco, 2000).

Bevan, (1999) y (2006) en consonancia con la norma ISO, define las componentes de usabilidad de la siguiente forma:

- **Eficacia (effectiveness):** "exactitud e integridad". Las tareas que se llevan a cabo en el uso de un producto están libres de error. Un producto es eficaz según el grado de exactitud con que se realizan las tareas y cumple los objetivos para los que está diseñado.
- **Eficiencia (efficiency):** "los recursos asignados." La rapidez con que un usuario puede realizar un trabajo es fundamental para la productividad. Un producto es eficiente cuanto más rápido puede realizar las tareas para las que ha sido diseñado.
- **Satisfacción (satisfaction):** "cumplir con las expectativas". La satisfacción es un factor de éxito para cualquier producto. Es fundamental para mantener la motivación del usuario. En ISO 9241 se define satisfacción como *"La libertad del usuario para mostrar su conformidad/disconformidad y sus actitudes hacia la utilización de un producto".*

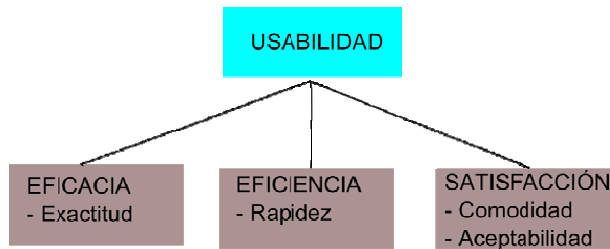


Fig 6.2 Componentes de Usabilidad según ISO 9241-11

El proyecto de norma ISO / IEC CD 25010.2 (2008) propone un desglose de definiciones más amplio:

- **Calidad en el uso.** Es lo mismo a que se refiere la norma ISO 9241-11 respecto a definición de usabilidad con los términos de eficacia, eficiencia y satisfacción.
- **Flexibilidad en el uso.** Es la medida del grado en que un producto sea utilizable en todos los contextos posibles de uso, incluida la accesibilidad.
- **Seguridad en el uso.** Se ocupa de minimizar las consecuencias adversas que pudieran producir con el uso del producto.

En este proyecto de norma se sugiere un nuevo concepto, "*likability*" que se puede traducir como "*simpatía*", y se define como el grado en que el usuario está satisfecho con su rendimiento, considerando aceptables los resultados de eficiencia y eficacia.

En el contexto de educación, se puede considerar otro aspecto de la usabilidad, "*learnability*", que se define como las medidas para lograr un adecuado rendimiento en el aprendizaje, por ejemplo, resultado del aprendizaje después de realizar un curso de formación o por el aprendizaje por el uso de materiales didácticos (Bevan, 2006).

Para medir la usabilidad de un software, y de acuerdo con la norma ISO 9126-4 (2004), "*learnability*" es la capacidad de un software para permitir al usuario aprender a usarlo (de forma intuitiva, con ayudas...). *Learnability* puede ser considerado como un aspecto de la usabilidad, en concreto de la eficacia.

Según lo indicado por ISO, se puede considerar que los principios en los que se basa la usabilidad son:

- **Facilidad de Aprendizaje:** Es la facilidad con la que los usuarios pueden adquirir los conocimientos de una forma efectiva. Está relacionada con la generalización de los conocimientos previos, la familiaridad, la consistencia, entorno amigable...
- **Flexibilidad:** Se refiere a la variedad de posibilidades con las que el usuario y el sistema/producto pueden intercambiar información. También abarca la posibilidad de diálogo, la multiplicidad de vías para realizar la tarea, similitud con tareas anteriores y la optimización entre el usuario y el sistema.
- **Robustez:** es el nivel de apoyo al usuario que facilita el cumplimiento de sus objetivos. Está relacionada con la capacidad de observación del usuario, de recuperación de información y de ajuste de la tarea al usuario.

6.3. ENCUESTAS DE USABILIDAD EN LOS CURSOS DE DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES.

El estudio de usabilidad se ha llevado a cabo mediante la creación de herramientas de medida que pueden medir las componentes de usabilidad en cada uno de los cursos realizados.

Se han diseñado encuestas que tienen como objetivo recoger datos referentes a la eficacia, eficiencia y satisfacción para cada uno de los cursos. Las encuestas pueden consultarse en el anexo 5.

Bevan (2006) argumenta que la medida de la eficacia es el valor medio de las respuestas de los participantes (utilizando una escala numérica-graduada) y respecto a eficiencia y satisfacción, será un valor en una escala cualitativa que permitan una reflexión-conclusión en función de cómo se hayan formulado las preguntas.

La medida de la satisfacción (o Likability) es más fiable cuando se utilizan encuestas que han sido validadas psicométricamente. Sin embargo, es difícil obtener encuestas de este tipo que se puedan adaptar a experiencias particulares. En nuestro caso, se han diseñado preguntas específicas para cada uno de los cursos, tomando como base la experiencia de Hornbæk (2006) y estudios realizados por Company et al (2006) y Naya et al (2007).

Otros trabajos consultados para establecer el diseño y el análisis de las encuestas de usabilidad en la aplicación educacional basada en realidad aumentada, han sido: (Kaufmann & Dünser, 2007), (Green, Chase, Chen, & Billinghurst, 2008), (Seokhee, Hyeongseop, & Gerard, 2006), (Henderson & Feiner, 2009).

La encuesta es un cuestionario que se facilita a los participantes en formato papel. Esta herramienta permite la recolección de datos necesarios para medir la usabilidad.

Las preguntas de eficacia y eficiencia se han creado utilizando una escala tipo Likert, según la cual, a la pregunta el encuestado le asignará una valoración numérica. El valor asignado indica el grado de acuerdo o desacuerdo con respecto a la pregunta en una escala de 5 puntos, de forma que se responde el cuestionario valorando con precisión el grado de acuerdo sobre las afirmaciones (Brooke, 1996).

La escala de Likert es la escala más utilizada en la investigación de los medios masivos, donde cada opción es valorada y las respuestas de cada encuestado son sumadas para obtener una puntuación única sobre un tema (Wimmer & Dominick, 2001). Consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se pide la reacción de los encuestados eligiendo uno de los cinco criterios indicados en la siguiente tabla.

Valor	Equivalencia
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	En desacuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Las preguntas de satisfacción han sido formuladas utilizando distinta tipología: la dicotomía, de opción múltiple y de diferencial semántico, y las respuestas revelan la opinión del estudiante.

A continuación se muestra, cómo están configuradas las encuestas de cada uno de los cursos.

- Encuesta Usabilidad para el curso de desarrollo de HE basado en RA.

Bloque	Preguntas	Tipo de medida	¿Qué mide?
Datos del participante.	Varias	Varias	Datos personales
A.- Valoración del material didáctico.	A1-A7	Escala de Likert	Eficacia del material didáctico
B.- Valoración de los contenidos del curso.	B1-B3	Escala de Likert	Eficiencia
	B4	Escala de Likert	Eficacia
	B5	Escala de Likert	Learnability- Eficacia de la metodología (Medida para lograr un adecuado rendimiento del aprendizaje.)
C.- Valoración de la tecnología utilizada (Realidad Aumentada)	C1-C4	Escala de Likert	Eficiencia
D.- Opinión del curso.	D1-D13	Dicotomía Múltiple elección Semántica diferencial	Satisfacción
E.- Opiniones para mejorar el curso.	E1-E8	Dicotomía Múltiple elección Semántica diferencial Respuesta abierta	Opinión/Satisfacción

- Encuesta Usabilidad para el curso de desarrollo de HE basado en SD.

Bloque	Preguntas	Tipo de medida	¿Qué mide?
Datos del participante.	Varias	Varias	Datos personales
A.- Valoración del material didáctico contenidos del curso	A1-A5	Escala de Likert	Eficacia del material didáctico
	A6-A8	Escala de Likert	Eficiencia
	A9	Escala de Likert	Learnability- Eficacia de la metodología (Medida para lograr un adecuado rendimiento del aprendizaje.)
B.- Opinión del curso	B1-B7	Dicotomía Semántica diferencial	Satisfacción
C.- Opiniones para mejorar el curso.	C1-C7	Dicotomía Múltiple elección Respuesta abierta	Opinión/Satisfacción

- Encuesta Usabilidad para el curso de desarrollo de HE basado en SD-3D.

Bloque	Preguntas	Tipo de medida	¿Qué mide?
Datos del participante.	Varias	Varias	Datos personales
A.- Valoración del material didáctico y contenidos del curso	A1-A5	Escala de Likert	Eficacia del material didáctico
	A6-A8	Escala de Likert	Eficiencia
	A9	Escala de Likert	Learnability- Eficacia de la metodología (Medida para lograr un adecuado rendimiento del aprendizaje.)
B.- Opinión del curso	B1-B9	Dicotomía Semántica diferencial	Satisfacción
C.- Opiniones para mejorar el curso.	C1-C7	Dicotomía Múltiple elección Respuesta abierta	Opinión/Satisfacción

- Encuesta Usabilidad para el curso de desarrollo de HE basado en Ejercicios tradicionales.

Bloque	Preguntas	Tipo de medida	¿Qué mide?
Datos del participante.	Varias	Varias	Datos personales
A.- Valoración del material didáctico contenidos del curso	A1-A4	Escala de Likert	Eficacia del material didáctico
	A5-A8	Escala de Likert	Eficiencia
	A9	Escala de Likert	Learnability- Eficacia de la metodología (Medida para lograr un adecuado rendimiento del aprendizaje.)
B.- Opinión del curso	B1-B8	Dicotomía Semántica diferencial Múltiple elección	Satisfacción
C.- Opiniones para mejorar el curso.	C1-C6	Dicotomía Múltiple elección Respuesta abierta	Opinión/Satisfacción

- **Encuesta Usabilidad del programa DIEDRO-3D.**

Este formulario se centra en la medida de usabilidad de la aplicación Diedro 3D. Se trata de un formulario estándar que ha sido diseñado para evaluar el uso de aplicaciones multimedia en el ámbito de la educación en Ingeniería Gráfica (Borges de Barros, 2002). La encuesta tiene el objetivo de detectar tanto los problemas y errores como los defectos y fallos que pueden afectar a la aceptación y satisfacción del usuario y por consiguiente, a su aprendizaje.

Bloque	Preguntas	Tipo de medida	¿Qué mide?
Q1	ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN	Escala de Likert	Eficiencia
Q2	OPERACIÓN DE LA APLICACIÓN	Escala de Likert	Eficiencia
Q3	INFORMACION AL USUARIO	Escala de Likert	Learnability
Q4	APARIENCIA	Escala de Likert	Satisfacción-Likability
Q5	INTUICION	Escala de Likert	Eficiencia
Q6	CONTENIDO	Escala de Likert	Eficacia
Q7	OPINION	Graduada	Satisfacción-Likability
Q8	OPINION GENERAL	Graduada	Satisfacción-Likability

Esta encuesta recoge las tres dimensiones que constituye la usabilidad: eficiencia, eficacia y satisfacción. Para cada una de estas dimensiones se establecieron sub-dimensiones que facilitan la valoración de usabilidad de la aplicación. Tal y como se puede observar en la tabla anterior, la eficiencia quedó definida por la estructura, las operaciones e intuición de la aplicación, la eficacia por el contenido y la información al usuario y la satisfacción por el aprendizaje y la opinión.

6.4. RESULTADOS DE ESTUDIOS DE USABILIDAD EN LOS CURSOS DE DESARROLLO DE H.E.

Bevan (2006) menciona que para hacer estimaciones fiables de los resultados de satisfacción, son necesarios entre ocho y diez participantes, aunque muestras más grandes ofrecen un valor más significativo de los resultados.

En los estudios de usabilidad de cada curso, han participado los mismos estudiantes que han realizado el curso, de forma que cada estudiante ha evaluado el material, la metodología y el software (en su caso) del curso que ha realizado. También han mostrado su opinión y grado de satisfacción.

6.4.1. Resultados de usabilidad en el curso de desarrollo de HE basado en RA.

Datos referentes a los participantes en el curso:

- 22 hombres y 2 mujeres.
- Edad media 19 años. El mayor de los participantes tiene 26 años y el menor 17.
- El 100% asegura que es la primera vez que realiza un entrenamiento en habilidades espaciales.
- El tiempo que han empleado para realizar el entrenamiento es de 8 a 10 horas.
- Todos los participantes consideran que han aprovechado este curso como preparatorio a la asignatura de Expresión Gráfica.

Horas diarias de uso con ordenador



Fig 6. 3 Horas diarias de uso con ordenador. Participantes en curso basado en RA

En el gráfico anterior se muestran las horas diarias que los participantes utilizan el ordenador, y según indican lo hacen para estudiar y para entretenerse (ocio).

El grado de conocimiento en el uso del ordenador e internet se puede observar en la gráfica de fig 6.4. Los estudiantes están muy familiarizados con internet, chats, correo electrónico, actividades de ocio, y muy poco o nada familiarizados con procesadores de texto, herramientas CAD, hojas de cálculos...

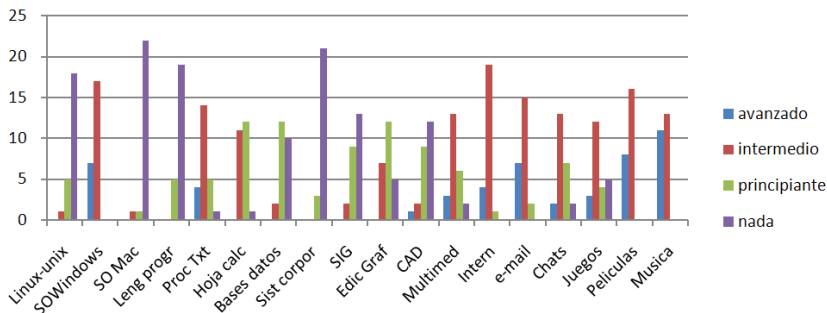


Fig 6.4 Experiencia en aplicaciones y tecnologías informáticas. Participantes en curso basado en RA

Bloque A. Valoración del material didáctico.

Bloque B. Valoración de los contenidos del curso.

Bloque C. Valoración de la tecnología utilizada (Realidad Aumentada)

Los encuestados utilizan la escala Likert basada en cinco puntos para ofrecer su opinión. La escala está formulada como: Totalmente en desacuerdo (1) En desacuerdo (2) Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) De acuerdo (4) Totalmente de acuerdo (5).

		RESULTADOS CURSO CON REALIDAD AUMENTADA			PARTICIPANTES				
	Id	Pregunta	Valor_Medio (SD) [SEM]	(TD) -1-	(D) -2-	(NAND) -3-	(A) -4-	(TD) -5-	
Eficacia	A1	El material del curso tiene una buena y cuidada presentación. (cuadernos, cámara, programa)	4.83(0.38) [0.08]	-	-	-	4	20	
	A2	Estructurar el curso en dos cuadernos ha sido cómodo para trabajar los ejercicios por un lado y las marcas por otro.	4.88(0.38) [0.07]	-	-	-	3	21	
	A3	La estructura del curso por niveles y tipología de ejercicios es adecuada.	4.63(0.38) [0.1]	-	-	-	9	15	
	A4	Es sencillo localizar en el libro de marcas fiduciales los ejercicios del cuaderno de trabajo.	4.58(0.38) [0.12]	-	-	1	8	15	
	A5	El tamaño de los cuadernos (A5) es adecuado para realizar los ejercicios y manipular los elementos virtuales.	4.67(0.38) [0.12]	-	-	1	6	17	
	A6	Los videos cortos formativos, son claros, con un lenguaje y grafico fácil de comprender.	3.92(0.38) [0.18]	-	1	7	9	7	
	A7	La aplicación de Realidad Aumentada ha sido estable (no se bloquea).	4.25(0.38) [0.17]	-	1	3	9	11	
Eficiencia	B1	El número de ejercicios propuestos son suficientes para las horas de trabajo propuestas.	4.58(0.72) [0.15]	-	1	-	7	16	
	B2	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	4.75(0.53) [0.11]	-	-	1	4	19	
	B3	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesión.	4.83(0.48) [0.1]	-	-	1	2	21	
Eficacia	B4	Los videos formativos son suficientes para conocer los contenidos teóricos. No es necesario ningún otro tipo de explicación para hacer los ejercicios.	4.21(0.88) [0.18]	-	-	7	5	12	
Ejercicios correctos:							4	5	6
Eficacia	B5	En el nivel de evaluación hay 6 ejercicios ¿Cuantos ha tenido correctos?	5.71(0.62) [0.13]	-	-	2	3	19	
		RESULTADOS CURSO CON REALIDAD AUMENTADA			PARTICIPANTES				
	Id	Pregunta	Valor_Medio (SD) [SEM]	(TD) -1-	(D) -2-	(NAND) -3-	(A) -4-	(TD) -5-	
Eficiencia	C1	La familiarización con los gestos y manipular objetos virtuales ha sido fácil.	4.46(0.51) [0.1]	-	-	-	13	11	
	C2	Al manipular las figuras virtuales no hay retardo en la pantalla, la imagen virtual no produce "saltos de imagen".	3.17(0.96) [0.2]	-	8	5	10	1	
	C3	Las figuras virtuales tridimensionales se ven perfectamente y no presentan dificultades de definición.	4.33(0.64) [0.13]	-	-	2	12	10	
	C4	La forma de utilizar el material (cuadernos) y la tecnología de Realidad Aumentada es fácil e intuitiva.	4.63(0.49) [0.1]	-	-	-	9	15	

Tabla 6. 1 Resultados Eficacia y Eficiencia en curso de desarrollo HE basado en RA

La figura 6.5 muestra los resultados de los valores medios de cada pregunta y el error estándar del valor medio.

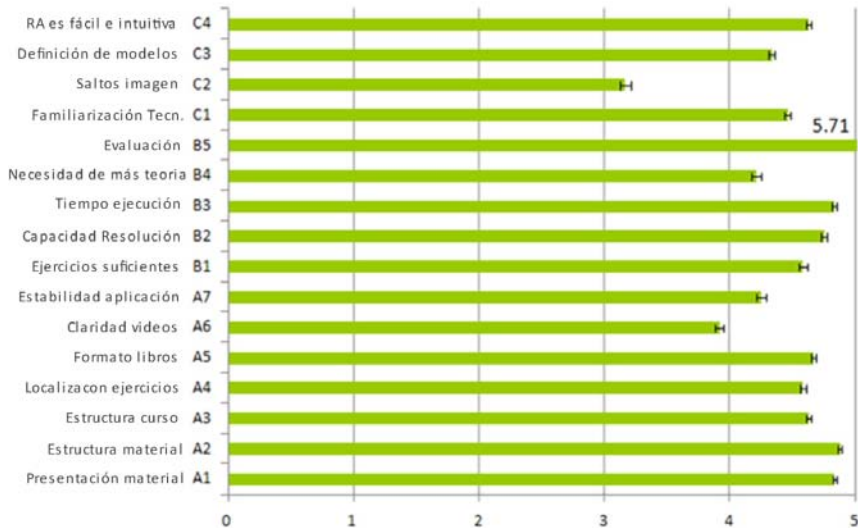


Fig 6.5 Valoración de eficiencia y eficacia en curso de desarrollo HE basado en RA.

El material del curso y los contenidos han sido muy bien valorados, la medida de la **eficacia** ha obtenido un buen resultado. Los estudiantes consideran que el material está bien estructurado, tiene una buena y cuidada presentación, la aplicación de realidad aumentada es estable, y el número de ejercicios para realizar en cada sesión consideran que son suficientes. También se puede considerar que el material y los contenidos son **eficientes**, ya que a los participantes les ha dado tiempo a terminar las tareas en el tiempo marcado y se han sentido capaces de realizarlas sin dificultad. La pregunta B5, recoge el valor de la evaluación que se ha realizado a los participantes. Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos (aprendizaje), se le plantea la resolución de 6 ejercicios, cada uno con valor de 1 punto, siendo calificado con 1= ejercicio correcto y (cero) 0= ejercicio incorrecto. El curso desde el punto de vista del aprendizaje es **eficaz**, y lo demuestra un resultado de 5.71 puntos sobre un total de 6. La rapidez en el uso de la herramienta AR_Dehaes, basada en la tecnología de Realidad Aumentada es **eficiente**, proporciona rapidez en la realización de tareas y adquisición de conocimientos por parte del participante.

(La pregunta C2, ha sido penalizada por algunos participantes, el motivo ha sido por que los ordenadores en los que realizaron el entrenamiento no tenían configurada de forma óptima la tarjeta gráfica y en ocasiones la imagen de la pantalla estaba ralentizada).

- Las preguntas que miden la Eficacia (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y B4), arrojan un valor medio de 4.5 puntos sobre un máximo de 5 y las preguntas que miden la Eficiencia (B1, B2, B3, C1, C2, C3 y C4), tienen un valor medio de 4.4 puntos sobre 5.
 - Valoración de Eficacia: 4.50
 - Valoración de Eficiencia: 4.40

Bloque D. Satisfacción.

		RESULTADOS CURSO CON REALIDAD AUMENTADA	PARTICIPANTES			
	Id	Pregunta	SI	NO		
Satisfacción	D1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	100%	-		
	D2	El sistema de Realidad Aumentada, utilizado en el entrenamiento es agradable de usar.	100%	-		
	D3	El curso realizado mediante Realidad Aumentada ¿le parece útil para mejorar el nivel de visión espacial?	100%	-		
	D4	Para realizar este curso, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	54.2%	45.8%		
	D5	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios de este curso?	41.7%	58.3%		
			En el aula de la asignatura	En aulas de informática de la universidad		En ordenador de casa
	D6	¿Dónde preferes realizar los ejercicios planteados en RA?	45.8%	41.7%		12.5%
			Muy buena	Buena	Aceptable	Mala muy mala
	D7	¿Como valoras la tecnología de Realidad Aumentada para trabajar con modelos tridimensionales?	75%	20.8%	4.2%	-
			Muy [...]	[...]	Poco[...]	
	D8	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....[interesante]	79.2%	20.8%		
	D9	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....[Original]	70.8%	29.2%		
	D10	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....[Útil]	66.7%	33.3%		
		Estimulante	Medio		Frustrante	
D11	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	83.3%	16.7%			
		Flexible	Medio		Rígido	
D12	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	41.7%	58.3%			
		Excelente	buena	regular	mala	Muy mala
D13	Opinión Global del curso	70.8%	29.2%	-	-	-

Tabla 6. 2 Resultados de Satisfacción en curso de desarrollo HE basado en RA

El 100% de los participantes considera que el curso cumple con la finalidad de mejorar la visión espacial y que la tecnología de realidad aumentada es útil para mejorarla porque consideran que es una tecnología agradable de utilizar para este tipo de entrenamiento.

La mayoría de los participantes consideran que podrían realizar el entrenamiento de forma autónoma, sin necesidad de apoyo por parte del profesor y creen que es suficiente el material teórico que proporciona el curso.

Una vez realizado el entrenamiento, los participantes preferirían haberlo realizado en cualquier aula de la universidad, muy pocos prefieren realizarlo en casa, aunque indican que podrían desarrollarlo sin problemas. Los participantes valoran muy positivamente el uso de la tecnología de realidad aumentada para trabajar con modelos tridimensionales. En general consideran que la tecnología de realidad aumentada es interesante, útil, original y la califican como excelente para el tipo de curso que se ha desarrollado.

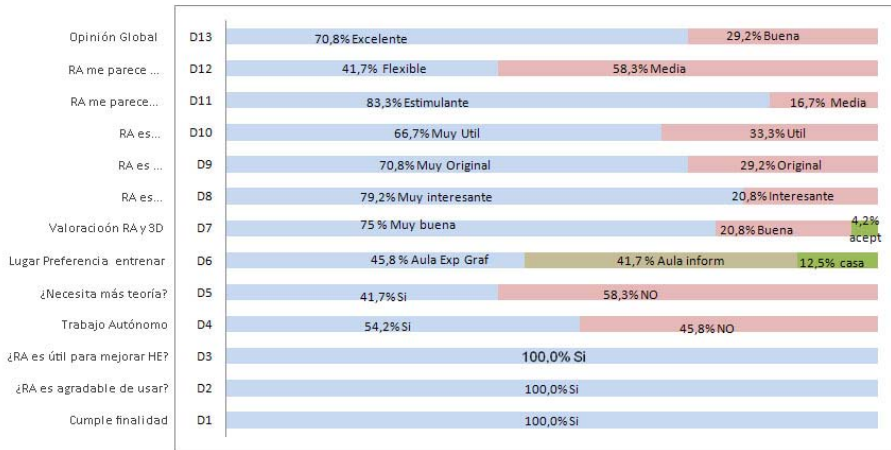


Fig 6.6 Satisfacción en curso de desarrollo de HE basado en RA

Bloque E. Opinión.

		RESULTADOS CURSO CON REALIDAD AUMENTADA	PARTICIPANTES					
		Pregunta	SI	NO				
Satisfacción – Datos para futuras mejoras.	E1	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica?	100%	-				
	E2	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	91.7%	8.3%				
	E3	¿Habrias preferido este curso basado dibujar y croquizar en papel?	100%	-				
			papel	Programa PC	Telf. móvil	Internet casa	Tecnología informática	RA
	E4	¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso?	0%	4.2%	0%	8.3%	29.2%	58.3%
				SI	NO	No sabe		
E5	Si pudieras tocar y manipular las piezas físicamente o en el ordenador para rotarlas, girarlas...¿Crees que te habria ayudado mejor a visualizar la pieza?	58.3%	12.4%	29.2%				
E6	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	87.5%	12.5%	-				

Tabla 6. 3 Resultados Opinión en curso HE basado en RA

Los participantes opinan que las herramientas tridimensionales les motivarán para estudiar los contenidos de Expresión Gráfica, y consideran que este tipo de cursos son adecuados para adquirir conocimientos básicos de dibujo técnico. En cualquier caso prefieren estas herramientas frente a las técnicas tradicionales de dibujo a mano alzada.

Una vez que los participantes han conocido la herramienta de RA, consideran que es el mejor medio para realizar este tipo de actividad.

En las respuestas abiertas los participantes aconsejan:

- Quitar el protector de pantalla al ordenador.
- Disponer de ordenadores de calidad media-alta en tarjeta gráfica.
- Se producen saltos en la imagen. Lentitud en el movimiento de los modelos 3D.
- Eliminar los 2 errores detectados en las actividades propuestas.

6.4.2. Resultados de usabilidad en los curso de desarrollo de habilidades espaciales basados en SD y SD-3D.

Se realizaron dos cursos basados en contenidos de sistema diédrico.

El material y la metodología utilizada para impartir el curso y el software Diedro 3D, se puede mejorar a partir del conocimiento de ciertos aspectos que pueden proporcionar los estudiantes.

Los contenidos teóricos, las explicaciones y metodología, se desarrollaron de la misma forma en ambos cursos, con la diferencia que en una de las aulas los alumnos tenían disponible un ordenador con la aplicación Diedro-3D, como apoyo visual a las explicaciones realizadas en clase. Por este motivo se realiza el estudio de usabilidad de forma conjunta para ambos cursos y por otra parte se analiza la usabilidad de la aplicación Diedro-3D.

Se han utilizado encuestas, que recogen datos para medir la eficacia del material empleado en el curso (libro apuntes, software Diedro-3D) y del aprendizaje de contenidos. Referente a la eficiencia, entendida como *el tiempo empleado en realizar una tarea, cuando es posible hacer comparaciones directas con el tiempo empleado en realizar tareas similares* (Bevan, 2006). Se ha comparado el tiempo empleado por el profesor en cada uno de los cursos para explicar los contenidos programados. Y en cuanto a satisfacción de estudiante, se recogen datos sobre su opinión y consideraciones para mejorar la formación, con objeto de conocer aquello que puede motivarles.

La encuesta de usabilidad del programa Diedro-3D, se centra sobre todo en la eficacia de la aplicación Diedro-3D. Este cuestionario está diseñado para evaluar el uso de aplicaciones multimedia en el ámbito de la educación en Ingeniería Gráfica (Borges de Barros, 2002). El test se dedica a detectar los problemas y errores de la aplicación así como los defectos y fallos que pudieran afectar a la aceptación y satisfacción del usuario.

Datos referentes a los participantes en el curso:

- Curso SD.
 - 10 hombres y 11 mujeres.
 - Edad media 19 años. El mayor de los participantes tiene 23 años y el menor 17.
 - De los 21 participantes, cuatro indican que han realizado en alguna ocasión un entrenamiento en habilidades espaciales.
 - El tiempo empleado para realizar el entrenamiento ha sido de 10 horas.
 - Todos los participantes consideran que han aprovechado este curso como preparatorio a la asignatura de expresión gráfica.
- Curso SD-3D
 - 13 hombres y 6 mujeres.
 - Edad media 21 años. El mayor de los participantes tiene 18 años y el menor 28.
 - De los 19 participantes, dos indican que han realizado en alguna ocasión un entrenamiento en habilidades espaciales.
 - El tiempo empleado para realizar el entrenamiento ha sido de aproximadamente 10 horas.
 - Todos los participantes consideran que han aprovechado este curso como preparatorio a la asignatura de Expresión Gráfica.

Horas diarias trabajando con ordenador

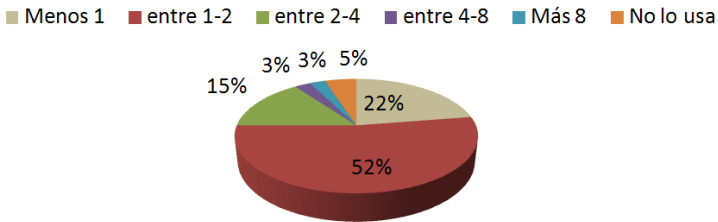


Fig 6.7 Horas diarias de uso con ordenador. Participantes en curso basado en SD

En el gráfico anterior (fig 6.7) se muestran las horas diarias que los participantes utilizan el ordenador, y según indican lo hacen para estudiar y para entretenerse (ocio).

El grado de conocimiento en el uso del ordenador e internet se puede observar en la gráfica (fig 6.8), e informa que los estudiantes están muy familiarizados con internet, chats, correo electrónico, actividades de ocio, y muy poco o nada familiarizados con procesadores de texto, herramientas CAD, hojas de cálculos, sistemas operativos...

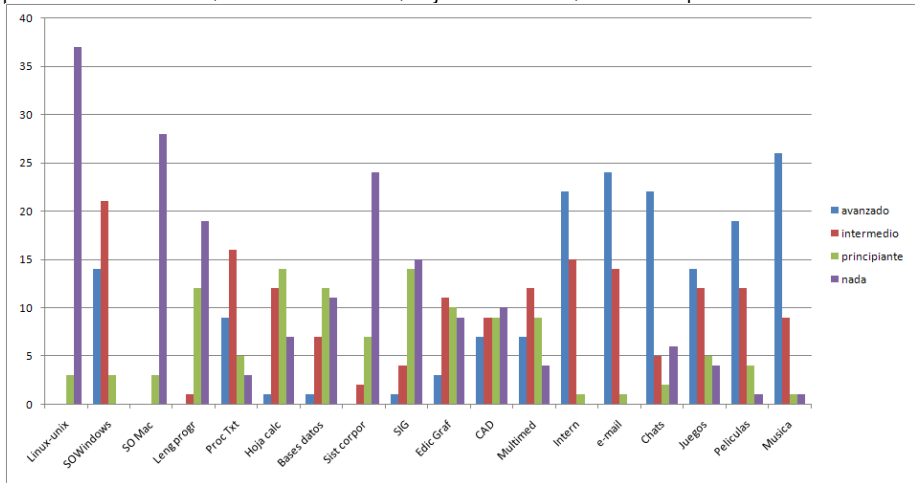


Fig 6.8 Experiencia en aplicaciones y tecnologías informáticas. Participantes en curso basado en SD

Bloque A. Valoración del material y contenido didáctico de los cursos SD y SD-3D.

Los encuestados utilizan la escala Likert basada en cinco puntos para ofrecer su opinión. La escala está formulada como: Totalmente en desacuerdo (1) En desacuerdo (2) Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) De acuerdo (4) Totalmente de acuerdo (5)

		RESULTADOS CURSO CON GEOMETRIA DESCRIPTIVA	PARTICIPANTES					
	Id	Pregunta	Valor_Medio (SD) [SEM]	(TD) -1-	(D) -2-	(NAND) -3-	(A) -4-	(TD) -5-
Eficacia material didáctico	A1	El material del curso tiene una buena y cuidada presentación. (cuaderno)	4.83(0.45) [0.07]	-	-	1	31	8
	A2	El contenido teórico del curso es claro, bien estructurado.	4.78(0.42) [0.07]	-	-	-	9	31
	A3	El formato de los contenidos teóricos es adecuado. (colores, tipo de texto, dibujos explicativos...)	4.53(0.60) [0.09]	-	-	2	15	23
	A4	La estructura del curso por temas y contenidos es adecuada.	4.70(0.65) [0.1]	-	1	1	7	31
	A5	Los ejercicios propuestos se adecuan a los contenidos y exposiciones del profesor.	4.75(0.59) [0.09]	-	-	2	7	31
Eficiencia	A6	El número de ejercicios propuestos es adecuado, son suficientes para el tiempo dedicado.	4.30(0.76) [0.12]	-	1	4	17	18
	A7	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	4.48(0.78) [0.12]	-	1	4	10	25
	A8	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesión.	4.45(0.93) [0.15]	-	3	3	7	27
			Ejercicios correctos:		3	4	5	6
Eficacia Learnability	A9	En la evaluación hubo 6 ejercicios. ¿Cuántos ha tenido correctos? - Participantes en curso SD	4.7(0.78) [0.17]		1	7	10	3
Eficacia Learnability	A9	En la evaluación hubo 6 ejercicios. ¿Cuántos ha tenido correctos? - Participantes en curso SD-3D	5.2(0.86) [0.19]		-	5	5	9

Tabla 6. 4 Resultados Eficacia y Eficiencia en curso de desarrollo HE basado en Sistema Diédrico

En cuanto a la **eficacia** del cuaderno de apuntes-ejercicios, a los participantes se les preguntó: si está claro, si está bien estructurado, si los contenidos son adecuados, si los ejercicios están en consonancia con el nivel de dificultad del tema... Referente a **eficiencia**, se preguntó si fueron capaces de resolver los ejercicios en el tiempo estipulado, si eran ejercicios suficientes para practicar... En general, todos los estudiantes expresan una actitud muy positiva para el material y el contenido y consideran que el material está bien presentado y estructurado y admiten que fueron capaces de resolver los ejercicios planteados en el tiempo estipulado.

La medición del aprendizaje (**Learnability-eficacia del aprendizaje**) en cada uno de los cursos de SD fue realizada con un examen para evaluar la adquisición de los contenidos de geometría descriptiva. La puntuación máxima posible en este examen es de 6 puntos. La pregunta A9, muestra el valor medio obtenido por los participantes en cada curso. Este valor es considerado como la medida de la eficacia de la metodología, ya que cuantifica de forma exacta y numérica el conocimiento adquirido. La puntuación media fue de 4,7 y 5,2 puntos en los curso SD y SD-3D, respectivamente. Los estudiantes que realizaron el curso SD-3D obtuvieron una puntuación más alta (0,5 puntos).

Se comprueba si hay significación estadística entre estos dos valores medios, es decir se busca si realmente los participantes aprenden más en un curso que en otro. Se aplicará la prueba *t de Student para muestras independientes*, y se obtiene $t = 2,18$ y $p\text{-valor} = 0,03$. Por lo tanto, se puede afirmar que **los valores medios son diferentes**, con un 95% de

significancia. En otras palabras, los participantes que se utiliza Diedro-3D aprenden mejor los contenidos de sistema diédrico.

En la gráfica de figura 6.9 se muestra los resultados obtenidos en cada una de las preguntas del bloque A, separados por tipo de curso.

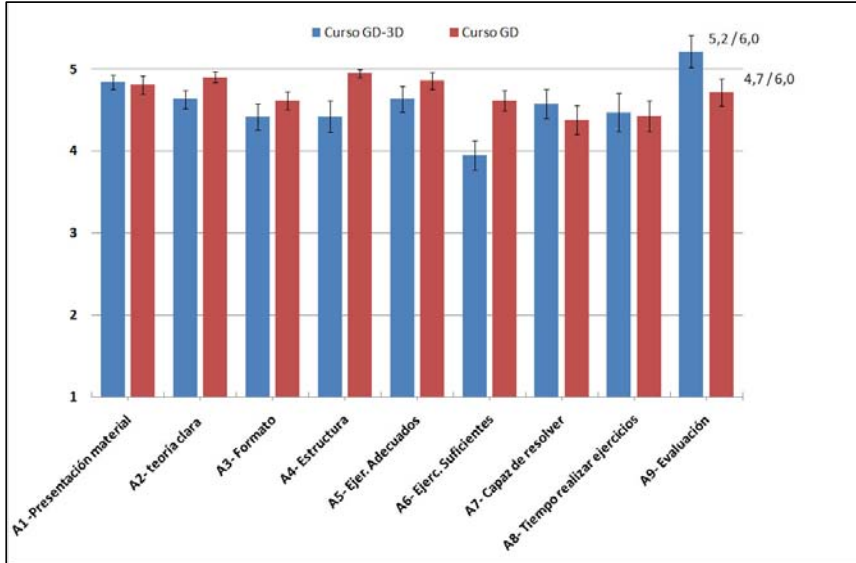


Fig 6.9 Medida de Eficiencia – eficacia cursos Sistema Diédrico. Valor medio y error.

- Las preguntas que miden la Eficacia del material didáctico (A1, A2, A3, A4, A5), arrojan un valor medio de 4.72 puntos sobre un máximo de 5 y las preguntas que miden la Eficiencia (A6, A7, A8), tienen un valor medio de 4.4 puntos sobre 5.
 - Valoración de Eficacia material: 4.72
 - Valoración de Eficiencia material: 4.41
 - Valoración Eficacia aprendizaje en curso SD (Learnability) : 4.7
 - Valoración Eficacia aprendizaje en curso SD-3D (Learnability):5.2

Para comparar la eficiencia entre los dos cursos, (cuánto más rápido se desarrolla el curso), se realiza la comparación del tiempo dedicado por el profesor para realizar las tareas programadas en cada curso. Los tiempos programados y ejecutados se muestran en la siguiente tabla 6.5. La planificación del horario en el curso SD ha sido rigurosamente respetada, sin embargo en el curso SD-3D, el contenido programado requiere menos tiempo que el tiempo asignado.

Día	Tiempo programado	T. ejecutado Curso SD	T. ejecutado Curso SD-3D
1	120 min	120 min	95 min
2	120 min	120 min	95 min
3	120 min	120 min	100 min
4	120 min	120 min	100 min
5	60 min	60 min	50 min
Total	9 horas	9 horas	7 horas 20 min

Tabla 6. 5 Tiempo de ejecución en cursos SD y SD-3D.

Bloque B. Satisfacción de los cursos SD y SD-3D.

RESULTADOS CURSO CON GEOMETRIA DESCRIPTIVA		PARTICIPANTES					
Id	Pregunta	SI	NO				
Satisfacción	B1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	92.5%	7.5%			
	B2	Para realizar este curso, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	20%	80%			
			Muy buena	Buena	Aceptable	Mala	muy mala
	B3	Las exposiciones y explicaciones teóricas del profesor la calificarías como	67.5% (27)	27.5% (11)	2.5% (1)	2.5% (1)	-
			Muy [...]	[...]		Poco [...]	
	B4	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece....[Útil]	70%	30%			-
	B5	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece....[interesante]	57.5%	40%		2.5%	
			Estimulante	Medio		Frustrante	
	B6	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	67.5%	32.5%			-
			Excelente	buena	regular	mala	Muy mala
B7	Opinión Global del curso	50%	42.5%	7.5%	-	-	
		Muy bueno	Bueno	Aceptable	Malo	muy malo	
B8	El apoyo del programa de ordenador Diedro 3D , a las explicaciones lo valoras como:	15.8%	42.1%	42.1%	-	-	
		Siempre	Casi Siempre	A menudo	A veces	Nunca	
B9	¿Ayuda el programa Diedro 3D , a visualizar los elementos y proyectarlos en PH y PV?	63.2%	15.8%	21%	-	-	

Tabla 6.6 Resultados Satisfacción en curso de desarrollo de HE basado en Sistema Diédrico.

Más del 90% de los participantes consideran que el curso de geometría descriptiva, cumple la finalidad de mejorar la visión espacial y en un 80% de los casos afirman que no podrían haber trabajado los contenidos del curso de forma autónoma, consideran que el curso debe ser impartido siempre por un profesor (algunos de los participantes en el curso SD-3D han dudado en su respuesta, ya que el programa en ocasiones es un buen sustituto de las explicaciones del profesor). Valoran muy bien las explicaciones del profesor, y consideran que realizar este corto curso a principios de cuatrimestre es útil, interesante y estimulante para mejorar la visión espacial de cara a las asignaturas que van a cursar en la carrera. En referencia al programa informático Diedro-3D, se considera una *buena* herramienta de apoyo para comprender las explicaciones teóricas y siempre ayuda a visualizar los elementos tridimensionales y a obtener sus proyecciones ortogonales. La apreciación global de los cursos es excelente-buena.

En el gráfico de figura 6.10, se muestran gráficamente todos los resultados de satisfacción sobre los cursos de sistema diédrico.

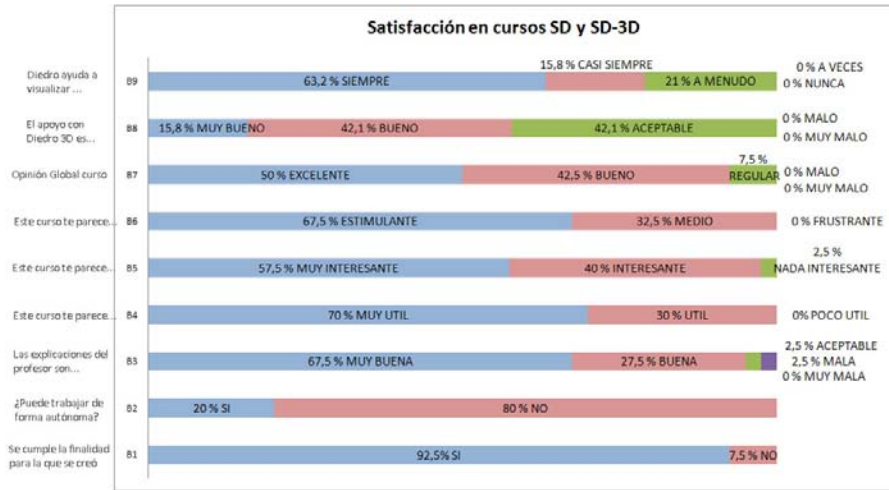


Fig 6.10 Satisfacción del estudiante en cursos de Sistema Diédrico.

Bloque C. Opinión.

		RESULTADOS CURSO CON GEOMETRIA DESCRIPTIVA	PARTICIPANTES					
	Id	Pregunta	SI	NO				
Satisfacción – Datos para futuras mejoras.	C1	¿Habrías preferido este curso basado en una tecnología más moderna, en lugar de explicaciones tradicionales en pizarra? (responden participantes en SD)		38.1%	61.9%			
	C1	¿Habrías preferido este curso basado en una tecnología más moderna, en lugar de explicaciones tradicionales en pizarra? (responden participantes en SD-3D)		36.8%	63.2%			
			papel	Programa PC	Telf. móvil	Internet casa	Tecnología informática	RA
	C2	Si no es en papel... ¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso? (responden participantes en SD)	86%	10%	0%	5%	5%	14%
	C2	Si no es en papel... ¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso? (responden participantes en SD-3D)	53%	21%	0%	11%	42%	26%
				SI	NO	No sabe		
	C3	Si pudieras manipular los puntos, rectas, planos etc..., en el ordenador para moverlas, rotarlas, girarlas... ¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar los objetos?		67.5%	-	32.5%		
C4	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Geometría Descriptiva?		100%	-	-			
C5	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?		90%	-	10%			

Tabla 6. 7 Resultados Opinión en curso de desarrollo de HE basado en Sistema Diédrico.

Las cuestiones del bloque C, reflejan la preferencia del estudiante en cuanto a metodología y herramientas para mejorar su aprendizaje.

En cuanto a las consideraciones a tener en cuenta para el futuro, se han recogido datos muy interesantes. Todos los participantes consideran que el soporte más apropiado para desarrollar un curso de sistema diédrico es en papel y pizarra (metodología tradicional) en caso que otro soporte-plataforma no fuera posible. Aunque lo cierto es que los alumnos prefieren el curso en un formato basado en nuevas tecnologías (web, realidad aumentada

o cualquier formato utilizando el ordenador). Debido al escenario en que se han desarrollado las clases del curso SD, los participantes no conocen las posibles herramientas en que se puede desarrollar los contenidos de sistema diédrico, por ello que han contestado en su mayoría, que realizar los cursos en papel es la mejor opción.

Todos los estudiantes consideran que las herramientas tridimensionales mejoran su atención y motivación en el estudio.

En las preguntas abiertas, los estudiantes en general, muestran su satisfacción por el aprendizaje obtenido y han demandado más tiempo para desarrollar más contenidos y ejercicios. También se muestran interesados en utilizar tecnologías más modernas y la posibilidad de poder crear puntos, rectas, planos etc... en el programa Diedro-3D.

En el gráfico de la figura 6.11, se muestran los resultados de opinión de los participantes en los cursos de sistema diédrico.

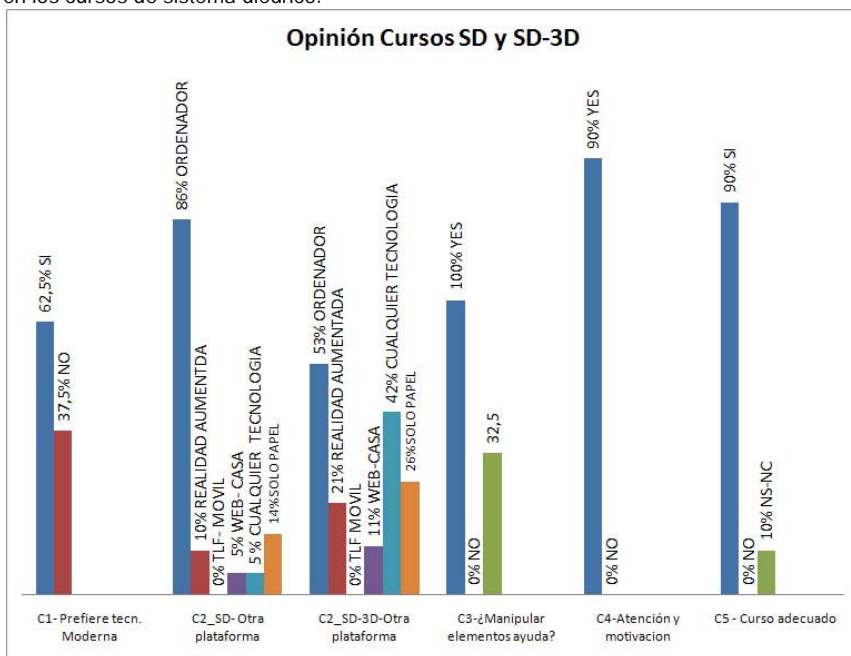


Fig 6.11 Opinión de participantes en cursos de Sistema Diédrico.

6.4.2.1. Encuesta Usabilidad de la aplicación DIEDRO-3D.

Para medir la eficacia de Diedro-3D y conocer los errores, fallos y problemas que puede tener, se ha preguntado acerca de: Estructura del programa (organización, densidad,...), operaciones que realiza, funcionamiento del sistema de ayuda, apariencia e intuición de uso y sobre el contenido que ofrece como herramienta para la enseñanza de Geometría Descriptiva (organización, densidad, fiabilidad y comprensión). Los encuestados han utilizado cinco niveles en la escala de Likert para responder acerca de su grado de acuerdo, siendo el valor (1) el menor grado de acuerdo y (5) el mayor. Se ofrece el valor (6) para identificar (No sabe/No contesta).

El test de usabilidad lo completaron todos los participantes en el curso SD-3D, que fueron los que utilizaron Diedro-3D. Ya se ha indicado que este test ha sido diseñado para evaluar el uso de aplicaciones multimedia en el ámbito de la educación en Ingeniería Gráfica (Borges de Barros, 2002).

Sub-Dimensión		Valor medio pregunta	Valor medio subdimensión
ESTRUCTURA	Q1.1. Organización estructural	4.21 (0.85) [0.2]	4.23 (0.72) [0.16]
	Q1.2. Densidad estructural	3.74 (0.73) [0.17]	
	Q1.3. Consistencia de la estructura	4.74 (0.56) [0.13]	
OPERACIÓN	Q2.1. Navegabilidad	4.79 (0.42) [0.1]	4.43(0.68) [0.16]
	Q2.2. Interactividad	4.58 (0.61) [0.14]	
	Q2.3. Accesibilidad	4.68 (0.58) [0.13]	
	Q2.4. Sistema de indicación	4.11 (1.13) [0.26]	
	Q2.5. Desempeño del sistema	4.58 (0.61) [0.14]	
	Q2.6. Fiabilidad del sistema	3,47 (1,0) [0,23]	
	Q2.7. Consistencia de la operación	4.79(0.42) [0.1]	
INFORMACION	Q3.1. Sistema de Ayuda	4.05 (1.22) [0.28]	4.22(0.91) [0.21]
	Q3.2. Feedback	4.26 (0.73) [0.17]	
	Q3.3. Búsqueda de Información	4.33(0.77) [0.18]	
APARIENCIA	Q4.1 Apariencia	4.21(0.79) [0.18]	4.21 (0.78) [0.18]
INTUICIÓN	Q5.1 Intuición	4.63(0.50) [0.11]	4.63 (0.49) [0.11]
CONTENIDO	Q6.1. Organización del contenido	4.11(0.81) [0.19]	4.03 (0.78) [0.18]
	Q6.2. Densidad de contenido	3.39 (0.78) [0.18]	
	Q6.3. Fiabilidad del contenido	4.21 (1.03) [0.24]	
	Q6.4. Comprensión del contenido	4.42 (0.51) [0.12]	
OPINION	Q7. Aplicación es prescindible - imprescindible	3.58 (0.90) [0.21]	3.58 (0.9) [0.21]
OPINION GENERAL	Q8. Opinión de la aplicación (mala – excelente)	3.89(0.74) [0.17]	3.89 (0.74) [0.17]

Tabla 6. 8 Resultados Encuesta usabilidad de la aplicación Diedro-3D

En anexo 5 se puede consultar este test y la figura 6.12 muestra los resultados de la usabilidad de Diedro-3D.

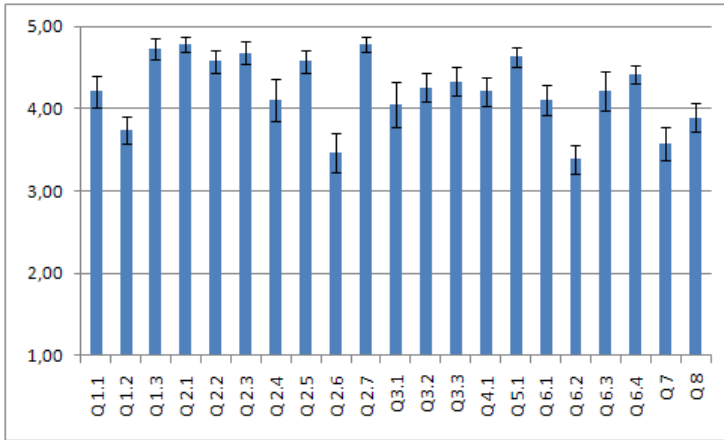


Fig 6.12 Medidas de usabilidad de Diedro 3D. Valor medio y error. (I)

En la siguiente gráfica se muestra el resultado por cada uno de los grupos de preguntas evaluados

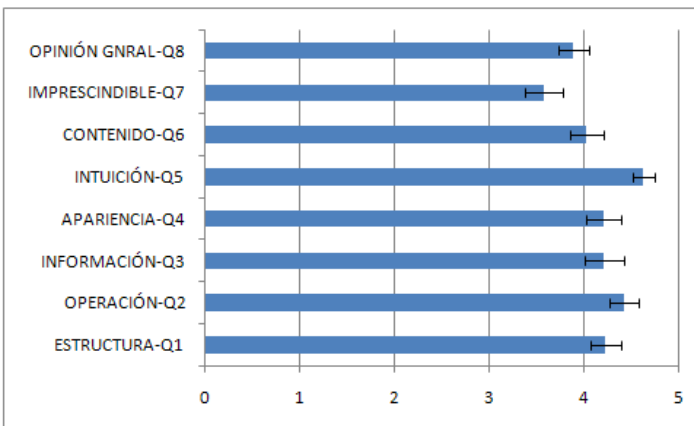


Fig 6.13 Medidas de usabilidad de Diedro 3D. Valor medio y error. (II)

El software Diedro-3D, ha obtenido una evaluación muy positiva. En las preguntas con menor puntuación, se considera que las explicaciones gráficas (Q 6.2) podrían minimizarse en su extensión así como eliminar algún elemento de la estructura del sistema que sea poco utilizado (Q 1.2).

6.4.3. Resultados de usabilidad en los curso de desarrollo de habilidades espaciales basados en Ejercicios Tradicionales de Expresión Gráfica.

Datos referentes a los participantes en el curso:

- 25 hombres y 6 mujeres.
- Edad media 19 años. El mayor de los participantes tiene 38 años y el menor 17.
- El 81% (25 Participantes) aseguran que es la primera vez que realiza un entrenamiento en habilidades espaciales.
- El tiempo que han empleado para realizar el entrenamiento es de 10 horas.
- Todos los participantes consideran que han aprovechado este curso como preparatorio a la asignatura de Expresión Gráfica.

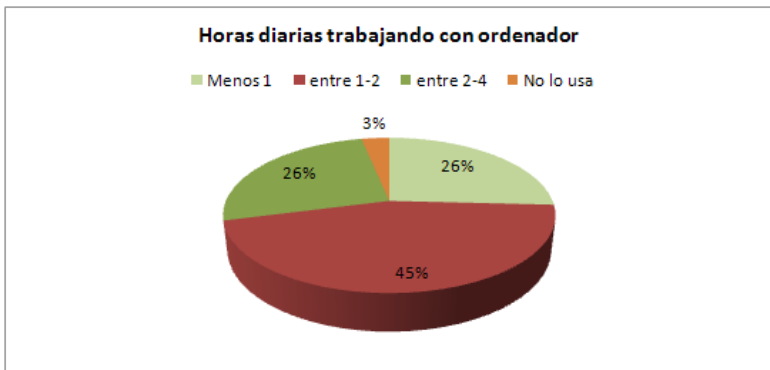


Fig 6. 14 Horas diarias de uso con ordenador. Participantes en curso basado en Ejercicios Tradicionales EG

En el gráfico anterior se muestran las horas diarias que los participantes utilizan el ordenador, y según indican lo hacen para estudiar y para entretenerse (ocio).

El grado de conocimiento en el uso del ordenador e internet se puede observar en la gráfica: los estudiantes están muy familiarizados con internet, chats, correo electrónico, actividades de ocio, y muy poco o nada familiarizados con procesadores de texto, herramientas CAD, hojas de cálculos...

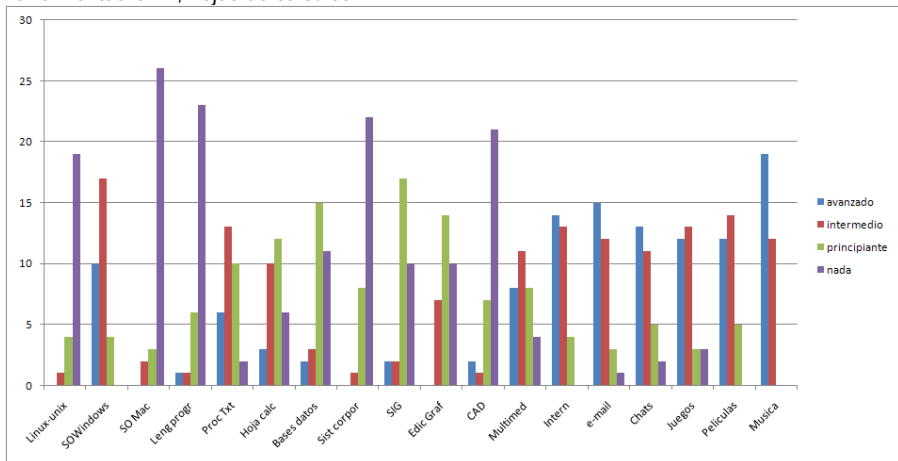


Fig 6.15 Experiencia en aplicaciones y tecnologías informáticas. Participantes en curso basado en Ejercicios Tradicionales EG

Bloque A. Valoración del material y contenido didáctico del curso basado en Ejercicios Tradicionales de Expresión Gráfica.

Los encuestados utilizan la escala Likert basada en cinco puntos para ofrecer su opinión. La escala está formulada como: Totalmente en desacuerdo (1) En desacuerdo (2) Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3) De acuerdo (4) Totalmente de acuerdo (5)

		RESULTADOS CURSO CON EJERCICIOS TRADICIONALES DE EXPRESIÓN GRÁFICA.	PARTICIPANTES					
	Id	Pregunta	Valor_Medio (SD) [SEM]	(TD) -1-	(D) -2-	(NA ND) -3-	(A) -4-	(TD) -5-
Eficacia material didáctico	A1	El material del curso tiene una buena y cuidada presentación. (cuaderno)	4.48(0.51) [0.09]	-	-	-	16	15
	A2	El contenido teórico del curso es claro, bien estructurado.	4.48(0.51) [0.09]	-	-		16	15
	A3	El formato de los contenidos teóricos es adecuado. (colores, tipo de texto, dibujos explicativos...)	4.26(0.68) [0.12]	-	-	3	15	12
	A4	La estructura del curso por niveles y tipología de ejercicios es adecuada.	4.42(0.56) [0.1]	-		1	16	14
Eficiencia	A5	El número de ejercicios propuestos es adecuado, son suficientes para el tiempo dedicado.	4.42(0.81) [0.14]	-		6	6	19
	A6	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	4.48(0.57) [0.10]	-		1	14	16
	A7	El nivel de dificultad de los ejercicios los considero adecuados en cada nivel	4.48(0.68) [0.12]	-	1	-	14	16
	A8	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesión.	4.38(0.67) [0.12]	-	-	3	13	15
			Ejercicios correctos:		3	4	5	6
Eficacia Learnability	A9	En la evaluación hubo 6 ejercicios. ¿Cuántos ha tenido correctos?	5.32(0.7) [0.13]		-	4	13	14

Tabla 6. 9 Resultados Eficacia y Eficiencia en curso de desarrollo HE basado en ejercicios Tradicionales EG

En cuanto a la **eficacia** del cuaderno de apuntes-ejercicios, los participantes consideran que es claro y está bien presentado y estructurado.

En cuanto a **eficiencia**, se preguntó si fueron capaces de resolver los ejercicios en el tiempo estipulado, si eran ejercicios suficientes para practicar, si el nivel de dificultad era adecuado en cada nivel..., en general, todos los estudiantes expresan un valor muy alto.

La medición del aprendizaje (**Learnability-eficacia del aprendizaje**) fue realizada dando solución a 6 ejercicios extraídos del cuaderno de actividades que trabajaron durante el curso. La puntuación máxima posible en esta prueba es de 6 puntos. La pregunta A9, muestra el valor medio obtenido por los participantes en el curso. Este valor se puede considerar como la medida de la eficacia de la metodología, ya que cuantifica de forma exacta y numérica el conocimiento adquirido.

También se mide el aprendizaje realizando una comparación de los conocimientos de representación de objetos (mediante y a partir de vistas normalizadas antes y después del curso). Se les propuso a los alumnos una prueba evaluatoria antes y después del curso. El formato del examen era igual al examen de Dibujo Técnico de Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU). Se propone al alumno dos exámenes (Bloque 1 y Bloque 2). El alumno elige uno de los dos Bloques para resolver. En el examen hay dos ejercicios: obtener las vistas de la perspectiva propuesta y obtener la perspectiva de las vistas propuestas (Disponible en anexo 6). Los ejercicios propuestos se seleccionaron de exámenes de PAU realizados en la Comunidad Autónoma de Canarias.

La calificación de cada ejercicio se evalúa como bien o mal (el ejercicio tiene que estar completamente correcto para ser válido). Se asigna valor de 5 puntos si el ejercicio es correcto y 0 puntos si no lo es. Las calificaciones están disponibles en Anexo 10.

La calificación media antes del curso es de 3,79 puntos y después del curso es de 6,82 puntos. A primera vista esta diferencia en las calificaciones indica que los participantes han mejorado sustancialmente sus conocimientos de representación de objetos. Para comprobar que la mejora es significativa desde el punto de vista estadístico, se aplica *t-Student en muestras pareadas* y se obtiene un p-valor de 0.001, (10^{-3}) lo que indica que una de cada mil personas que realiza este curso, no mejoraría sus conocimientos en las técnicas de representación por vistas normalizadas. **La mejora es estadísticamente significativa: p-valor<0,01.**

En la gráfica de figura 6.16 se muestra los resultados obtenidos en cada una de las preguntas del bloque A.



Fig 6.16 Medida de Eficiencia – eficacia curso Ejercicios tradicionales EG. Valor medio y error.

- Las preguntas que miden la eficacia del material didáctico (A1, A2, A3, A4), arrojan un valor medio de 4.41 puntos sobre un máximo de 5 y las preguntas que miden la eficiencia (A5, A6, A7, A8), tienen un valor medio de 4.44 puntos sobre 5.
 - Valoración de Eficacia material: 4.41
 - Valoración de Eficiencia material: 4.44
 - Valoración eficacia aprendizaje en curso (Learnability): 5.32

Bloque B. Satisfacción del curso basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

RESULTADOS CURSO CON EJERCICIOS TRADICIONALES DE EXPRESION GRAFICA		PARTICIPANTES				
Id	Pregunta	SI	NO			
B1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	100 %	-			
B2	Para realizar este curso, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	45%	54%			
B3	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios de este curso?	6,5%	93.5%			
		Más explicación	Más apuntes	Piezas reales-tocar	Piezas 3D en PC	Método de visualizar en 3D
B4	En caso afirmativo ¿Qué material crees que te habría ayudado más?	9.7% (3)	3.2% (1)	16.1% (5)	16.1% (5)	25.8% (8)
		Muy [...]	[...]			Poco [...]
B5	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...[Útil]	80.7%	19.3%			-
B6	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...[interesante]	54.9%	41.9%			3.2%
		Estimulante	Medio			Frustrante
B7	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	64.5%	35.5%			-
		Excelente	buena	regular	mala	Muy mala
B8	Opinión Global del curso	32.3%	64.5%	3.2%	-	-

Tabla 6.10 Resultados Satisfacción en curso de desarrollo HE basado en Ejercicios Tradicionales EG.

El 100% de los participantes consideran que el curso cumple la finalidad de mejorar la visión espacial y en el 54% de ellos afirman que no podrían haber trabajado los contenidos del curso de forma autónoma. Consideran que realizar este corto curso a principios de cuatrimestre es útil, interesante y estimulante para mejora la visión espacial de cara a las asignaturas que van a cursar en la carrera. La apreciación global de los cursos es buena-excelente.

En el gráfico de figura 6.17, se muestran todos los resultados de satisfacción sobre el curso de desarrollo de HE mediante ejercicios de Expresión Gráfica.

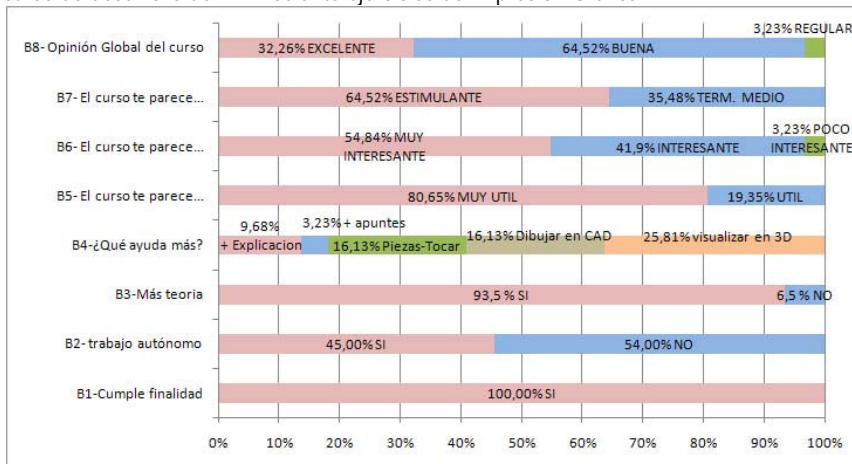


Fig 6.17 Satisfacción del estudiante en curso ET.

Bloque C. Opinión.

		RESULTADOS CURSO CON REALIDAD AUMENTADA	PARTICIPANTES					
Satisfacción – Datos para futuras mejoras.	Id	Pregunta	SI	NO				
	C1	¿Habrias preferido este curso basado en una tecnología más moderna, en lugar de papel?	64.5%	35.5%				
			Programa PC	RA	Telf. móvil	Internet casa	Tecnología informática	papel
	C2	Si no es en papel... ¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso?	51.6%	12.9%	0%	9.6%	32.3%	35,5%
				SI	NO	No sabe		
C3	Si pudieras manipular las piezas físicamente o en el ordenador para moverlas, girarlas...¿Crees que te habria ayudado mejor a visualizar los objetos?		67.7%	12.9%	19.4%			
C4	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?		97%	3%	-			

Tabla 6. 11 Resultados Opinión en curso de desarrollo HE basado en Ejercicios de Exp. Gráfica.

Las cuestiones del bloque C, reflejan la opinión y preferencias del estudiante en cuanto al soporte para realizar este tipo de curso.

Aproximadamente el 65% de los participantes habrían preferido una tecnología más moderna para impartir el curso en lugar de soporte papel (preferiblemente programas de ordenador-multimedia...). La mayoría de los estudiantes opinan que si hubieran podido tocar físicamente la piezas o visualizarlas en el PC de forma dinámica, les habría ayudado a visualizarlas.

En las preguntas abiertas, los estudiantes en general, solicitan que el curso fuera de más duración, y les resulta que las actividades son muy repetitivas diariamente, no llega a ser entretenido.

En el gráfico de la figura 6.18, se muestran los resultados de opinión de este curso.

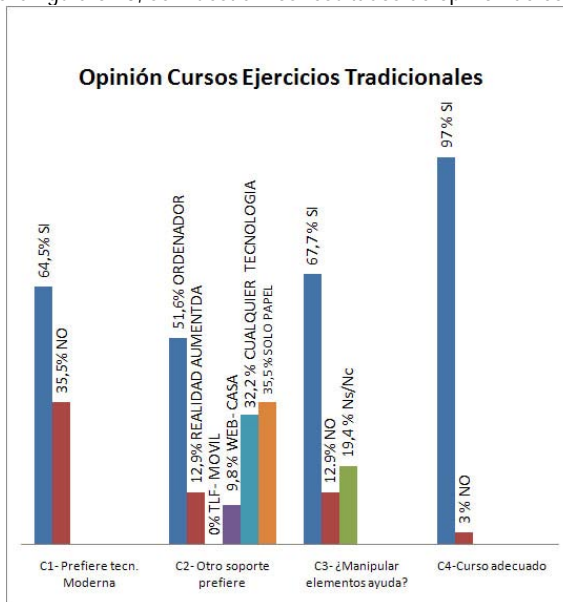


Fig 6.18 Opinión de participantes en cursos de Ejercicios de Exp. Gráfica.

6.5 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 6.

Aborg, C., Sandbald, B., Guilliksen, J., & Lif, M. (2003). Integrating Work Environment Considerations into Usability Evaluation Methods - the ADA approach. *Interacting with Computers*, 15 (3), 453-471.

Bevan, N. (2006). Practical Issues in Usability Measurement. *Interactions*, 13 (6), 42-43.

Bevan, N. (1999). Quality in Use: Meeting User Needs for Quality. *Journal of System and Software*, 49 (1), 89-96.

Bevan, N., & Macleod, M. (1994). Usability Measurement in Context. *Behaviour and Information Technology*, 13, 132-145.

Borges de Barros, H. (2002). Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia. *Tesis Doctoral*. Departamento Expresión gráfica en la ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña.

Brooke, J. (1996). SUS- A quick and dirty usability scale. *User information Architecture A/D Group. Digital Equipment Co*, Disponible en: www.usability.serco.com/trump/documents/Suschapt.doc (Consultado Nov. 2009).

Company, P., Contero, M., Naya, F., & Aleixos, N. (2006). A Study of Usability of Sketching Tools Aimed at Supporting Prescriptive Sketches. *Eurographics Symposium Proceedings. Sketch-Based Interfaces and Modeling (SBIM06)*, (págs. 139-146).

Green, S., Chase, G., Chen, X., & Billingham, M. (2008). Evaluating the Augmented Reality Human-Robot Collaboration System. *Proceeding of the 15th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice*, (págs. 548-553). Massey University, New Zealand .

Henderson, S., & Feiner, S. (2009). Evaluating the Benefits of Augmented Reality for Task Localization in Maintenance of an Armored Personnel Carrier Turret. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '09)*, (págs. 135-144). Orlando-Florida.

Hornbæk, K. (2006). Current Practice in Measuring Usability: Challenges to Usability Studies and Research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64 (2), 79-102.

ISO/IEC_CD25010.2. (2008). Software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Quality model.

ISO9126. (1991). Information technology -- Software product evaluation -- Quality characteristics and guidelines for their use. *International Standard ISO/IEC 9126* .

ISO9126. (2004). Software engineering -- Product quality -- Part 4: Quality in use metrics. *ISO/IEC TR 9126-4:2004* .

ISO9241. (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-Part 11: Guidance on usability. *ISO 9241-11:1998*.

Kaufmann, H., & Dünser, A. (2007). Summary of Usability Evaluations of an Educational Augmented Reality Application. *Lecture Notes in Computer Science*, 4563, 660-669.

Naya, F., Contero, M., Aleixos, N., & Company, P. (2007). ParSketch: A Sketch-Based Interface for a 2D Parametric Geometry Editor. *Lecture Notes in Computer Science*, 4551, 115-124.

Nielsen, J. (2000). *Usabilidad, Diseño de sitios Web*. Madrid: Pearson Educación.

Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Boston: Academic Press.

Nielsen, J. (1994). Usability Laboratories: A 1994 survey. Usability Labs Survey. *Behaviour & Information Technology*, 13 (on line), Disponible en: www.useit.com/papers/uselabs.html (Consultado Nov. 2009).

Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons.

Seokhee, J., Hyeongseop, S., & Gerard, J. (2006). Viewpoint Usability for Desktop Augmented Reality. *The International Journal of Virtual Reality*, 5 (3), 33-39.

Serco. (2000). Satisfaction questionnaires. Serco Ltd. Disponible en: www.usability.serco.com/trump/resources/standards.htm (Consultado Nov. 2009).

Shackel, B. (1991). Usability - Context, Framework, Design and Evaluation. En B. Shackel, & S. Richardson (Edits.), *Human Factors for informatics Usability* (págs. 21-38).

Wimmer, R., & Dominick, J. (2001). *Introducción a la comunicación de medios masivos de comunicación*. México: Thompson.

Xperience_Consulting. (2003). La medición de usabilidad: una ventaja competitiva. Disponible: www.xperienceconsulting.com/imagenesup/whitepaper_testea_evalua_y_decide.pdf (Consultado Nov. 2009).

CAPÍTULO 7.

CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

"You cannot depend on your eyes when your imagination is out of focus."
Mark Twain

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizan cómo los objetivos marcados en el capítulo de introducción se han cumplido. Se aportan las conclusiones del trabajo desarrollado en esta tesis y se termina el capítulo con una perspectiva de labor futura.

El desarrollo de las habilidades espaciales utilizando distintos tipos de herramientas y estrategias, han sido objeto de estudio por numerosos investigadores, de los cuales se ha hecho referencia en capítulos previos. Sin embargo en el ámbito de ingeniería, es la primera vez que se realizan algunas de las experiencias que en este trabajo doctoral se proponen.

- Es la primera vez que se utiliza la plataforma Nintendo DS, como herramienta para mejorar la capacidad espacial. Y la experiencia de utilizar videojuegos en las aulas de Expresión Gráfica en niveles universitarios también es la primera vez que se realiza.
- Desarrollo de una herramienta basada en tecnología de realidad aumentada y con ejercicios de sistemas de representación con el objetivo de mejorar la capacidad espacial.
- Realización de un curso basado en realidad aumentada para desarrollar la habilidad espacial.
- Es la primera vez que se realiza una experiencia de corta duración utilizando contenidos de sistema diédrico para mejorar la capacidad espacial.

7.1.1 Cumplimiento de los objetivos.

A continuación se expone cómo se han cumplido los objetivos marcados en el capítulo 1.4:

“El objetivo general es desarrollar herramientas y materiales didácticos, validados y evaluados, dentro del ámbito de la ingeniería para el desarrollo de las habilidades espaciales en los alumnos de titulaciones de ingeniería y dotarles de contenidos básicos de Expresión Gráfica.”

Se han realizado seis cursos de corta duración, que desarrollan las habilidades espaciales de los estudiantes de ingeniería. Cada curso está basado en una estrategia distinta, para lo cual se utilizaron dos aplicaciones informáticas (Diedro3D y AR_Dehaes) y se confeccionaron materiales didácticos basados en contenidos de Expresión Gráfica para impartir cada curso. Con los datos aportados por los participantes se obtienen resultados positivos en cuanto a la mejora adquirida y los participantes proporcionan datos acerca del uso de las aplicaciones y la satisfacción de las experiencias realizadas.

En cuanto a los objetivos específicos:

- 1) Ampliar la clasificación existente de ejercicios utilizados para el desarrollo de las habilidades espaciales.
- 2) Tipificar y validar los ejercicios recopilados en la investigación, en relación al desarrollo de las habilidades espaciales mediante la realización de pruebas de campo con alumnos universitarios.
 - a. Recopilar ejercicios utilizados en asignaturas de Expresión Gráfica y tipificarlos.
 - b. Organizar cursos de corta duración, con objeto de entrenar la habilidad espacial. Crear material con contenidos didácticos y ejercicios tipificados, en distinta plataformas y con distinta metodología.
 - c. Comprobar que la habilidad espacial se desarrolla mediante los cursos de entrenamiento propuestos.

- d. Comprobar el efecto que tiene la duración del entrenamiento con respecto al nivel de capacidad espacial obtenido.
- 3) Recopilar y clasificar videojuegos de plataformas PC y Nintendo Ds, en función de las tareas geométricas que deben realizarse.
 - a. Búsqueda de un videojuego disponible en las dos plataformas, que contenga componentes geométricas que a priori, nos puedan hacer pensar que su uso pueda desarrollar la habilidad espacial.
 - b. Validar el videojuego seleccionado en relación al desarrollo de la habilidad espacial mediante experiencias de campo con alumnos universitarios.
 - 4) Comparar los distintos tipos de entrenamiento en cuanto al desarrollo de habilidad espacial.
 - 5) Establecer cuál es la metodología óptima en función de los contenidos formativos para desarrollar la habilidad espacial.

En capítulo 3, se da respuesta a los objetivos 1) y 2). A partir del estudio de Stumpt y Eliot (1999), donde se identifican las tareas que se trabajan en los test de medición espacial. Los ejercicios recopilados se han clasificado según las tareas mentales que se deben realizar para darles solución, de forma que se relacionan los ejercicios con el tipo de tarea mental que trabajan. Con estos ejercicios, se crea el material didáctico que se utilizará para los cursos de entrenamiento. En concreto para el curso basado en realidad aumentada, se ha adaptado la clasificación de ejercicios de un curso de desarrollo de HE con ejercicios en papel y lápiz, para utilizarlos con RA. Se ha recopilado un mayor número de ejercicios para utilizarlos en este curso, y se han clasificado siguiendo las teorías de Bloom que establece una jerarquía de categorías de ejercicios con objeto de garantizar el aprendizaje además de desarrollar la HE. Se proponen nuevos tipos de ejercicios en los apartados 3.4 y 3.5.

En los capítulos 4, 5 y 6, se da respuesta a los objetivos (2c, 2d y 2e). En capítulo 4 se expone la organización y planificación de cada uno de los cursos programados. Se explica cómo se ha realizado el trabajo de campo y se indica que los materiales confeccionados para impartir los cursos están disponibles en los anexos de esta tesis y las herramientas utilizadas para impartir los cursos en distintas plataformas (AR_Dehaes y Diedro-3D) están disponibles en la web www.degarin.com/dehaes. En capítulo 4, utilizando técnicas estadísticas se comprueba que los cursos mejoran la capacidad espacial de los participantes y en capítulos 5 y 6 se hace un análisis y discusión de los resultados obtenidos y se comprueba entre otros, el efecto que produce en la mejora adquirida la duración del entrenamiento.

- La recopilación de videojuegos para PC, se realiza desde varios sitios web y se propone un número bastante amplio de videojuegos que pueden desarrollar la habilidad espacial y han sido clasificados atendiendo al tipo de tarea mental que los jugadores deben realizar.
- En Nintendo DS, el número de videojuegos disponibles con las características que se buscan es menor y se clasifican en función de la tarea mental que los jugadores deben realizar durante el juego.

7.2 CONCLUSIONES

- **Conclusiones a partir del análisis y discusión de los resultados generados en cada uno de los cursos propuestos para desarrollar la habilidad espacial.**

En los capítulos 5 y 6 se realiza el análisis y discusión de los resultados de cada uno de los estudios experimentales. Partiendo del hecho que todos los cursos que se han diseñado y planificado desarrollan las habilidades espaciales, se aportan las siguientes conclusiones:

Cursos basados en videojuegos.

- Entrenar con plataforma Nintendo Ds, desarrolla en mayor medida la componente de relaciones espaciales (rotación mental) que si se entrena con la plataforma PC.
- Independientemente de la plataforma utilizada para el entrenamiento (PC o NDS), la componente de visualización espacial, mejora por igual en los participantes.

Cursos de geometría descriptiva.

- Los contenidos de sistema diédrico, mejoran por igual las capacidades de visión espacial en hombres y en mujeres. Tras un corto entrenamiento de la habilidad espacial, mediante contenidos de sistema diédrico ambos colectivos mejoran por igual.
- El uso del visualizador tridimensional Diedro-3D para desarrollar la habilidad espacial, no proporciona una diferencia significativa en la ganancia de los niveles de capacidad espacial, con respecto a no utilizarlo. Aunque utilizarlo ayuda a los estudiantes a obtener una visualización y comprensión más rápida de lo que se explica.

Curso basado en tecnología de realidad aumentada

- La herramienta desarrollada mediante tecnología de realidad aumentada, proporciona al estudiante modelos tridimensionales y la metodología propuesta permite manipularlos e interactuar con ellos, facilita las tareas espaciales y proporciona un entrenamiento que le aporta un aumento de sus capacidades de visión espacial. Las herramientas y visualizadores tridimensionales basados en realidad aumentada ayudan a mejorar la capacidad espacial.

Curso basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

- Una cuidada selección de ejercicios de Expresión Gráfica obtenidos de asignaturas gráficas en niveles universitarios mejora los niveles de capacidad espacial de los estudiantes que acceden a las titulaciones técnicas.
- Sobrepasar las 10 horas de entrenamiento con este tipo de curso no supone un aumento de los niveles de capacidad espacial.

- **Conclusiones considerando el aprendizaje de los contenidos de Expresión Gráfica.**

Cursos basados en videojuegos.

- Los cursos basados en entrenamiento con videojuegos no reportan aprendizaje de contenidos de Expresión Gráfica.

Cursos de geometría descriptiva.

- Utilizar herramientas tridimensionales como apoyo a las explicaciones teóricas de los contenidos de sistema diédrico, favorece de forma significativa en el aprendizaje de los contenidos. El mismo examen realizado en los dos cursos de geometría descriptiva, obtiene una puntuación de 5.2 puntos de media entre los participantes que utilizan el visualizador tridimensional y 4.7 puntos de media entre los participantes que no lo utilizan. La nota máxima posible el examen era de 6 puntos; las metodologías proporcionan resultados muy buenos en cuanto a la adquisición de contenidos.

Curso basado en tecnología de realidad aumentada

- Utilizar herramientas tridimensionales basadas en realidad aumentada facilita el aprendizaje autónomo de los contenidos de expresión gráfica. La calificación media del examen propuesto a los estudiantes al terminar el entrenamiento autónomo, fue de 5.7 puntos sobre una calificación máxima de 6 puntos.

Curso basado en ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

- Los estudiantes que entrenan con ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica, necesitan de asistencia del profesor para resolver dudas, debido a las dificultades en la visualización mental que se les plantean al realizar los ejercicios propuestos representados en papel.
- Realizar un entrenamiento con ejercicios específicos de Expresión Gráfica, implica un aprendizaje de los contenidos de sistemas de representación gráfica. Un examen realizado antes y otro después del entrenamiento basado en ejercicios de prueba de acceso a la universidad (PAU) demuestran la eficacia del aprendizaje con este curso.

- **Conclusiones considerando la satisfacción del alumno.**

En capítulo 6, se realiza el análisis de los estudios de usabilidad y satisfacción de cada uno de los estudios experimentales. Todos los cursos han sido bien valorados por los participantes y la opinión global de cada uno de los curso ha sido Excelente-Buena.

Cursos de geometría descriptiva.

- Los materiales que se han confeccionado para desarrollar los cursos son eficientes y eficaces para cumplir la labor para la que se han creado (desarrollar la habilidad espacial).
- Los alumnos dependen de las explicaciones del profesor para comprender los contenidos de geometría descriptiva. Difícilmente los estudiantes se pueden preparar de forma autónoma los contenidos de geometría descriptiva.
- La herramienta Diedro-3D es un buen apoyo a las explicaciones del profesor pero en ningún caso lo sustituye.

Curso basado en tecnología de realidad aumentada

- El material didáctico y la aplicación desarrollada son eficaces y eficientes para cumplir la función para la que se han creado (desarrollar la habilidad espacial y aprendizaje de sistemas de representación de forma autónoma)

Curso basado en Ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

- El material didáctico es eficaz y eficiente para cumplir la función de desarrollar la habilidad espacial.
- Los estudiantes prefieren cualquier otra metodología para realizar este tipo de entrenamiento en lugar del empleado con papel y croquizados.
- A los estudiantes les interesa utilizar herramientas informáticas o cualquier otra tecnología más familiar que sea amena y entretenida.

En general:

- ✓ Los estudiantes prefieren utilizar herramientas basadas en tecnologías modernas, tridimensionales, en internet para estudiar los contenidos de Expresión Gráfica.
- ✓ El uso de herramientas tridimensionales mejora la atención y motiva al estudiante a trabajar los contenidos de Expresión Gráfica.
- ✓ Un corto curso de duración entre 6 y 10 horas, dirigido a desarrollar la habilidad espacial en los estudiantes de ingeniería, proporciona un importante aumento de los niveles de capacidad de visión espacial.
- ✓ La aplicación AR_Dehaes es una buena herramienta para mejorar la capacidad espacial y proporcionar conocimientos de representación gráfica sin necesidad de explicaciones del profesor.
- ✓ La tecnología de realidad aumentada es una herramienta válida para trabajar con modelos tridimensionales.
- ✓ Los estudiantes de ingeniería valoran positivamente la iniciativa de realizar este tipo de entrenamiento, por que los consideran útiles de cara a las asignaturas que van a cursar, interesantes por mejorar la visión espacial y estimulante por la motivación, competición en algunos casos y lo atractiva de la tecnología utilizada.

Si se comparan todos los cursos realizados en función de la mejora que obtienen, los resultados (en capítulo 5.1) muestran la siguiente clasificación por orden de puntos de ganancia:

ORDEN	Ganancia MRT	ORDEN	Ganancia DAT-5:SR
1º	NDs 5,060	1º	PC 4,768
2º	ET 4,634	2º	RA 4,385
3º	GD-3D 4,449	3º	VIDEO 4,305
4º	RA 3,694	4º	GD-3D 4,193
5º	VIDEO 3,530	5º	GD 3,825
6º	GD 2,754	6º	NDs 3,609
7º	PC 2,510	7º	ET 3,524
CONTROL 0		CONTROL 0	

A partir de las siguientes afirmaciones se puede proponer una metodología óptima en función de los contenidos formativos y desarrollo de la habilidad espacial:

- El entrenamiento con videojuegos, es la estrategia que en mayor medida mejora las capacidades espaciales, pero no aportan conocimientos sobre contenidos de expresión gráfica, de forma que no proporcionan un aprendizaje a los estudiantes.
- El entrenamiento con realidad aumentada, se puede realizar de forma autónoma, ya que el material diseñado permite esta modalidad.

Una propuesta metodológica óptima podría ser:

“Que los estudiantes de nuevo acceso a las titulaciones técnicas realicen a comienzos del curso académico un entrenamiento autónomo que mejore las habilidades espaciales y además les facilite el aprendizaje de los contenidos básicos de las asignaturas de expresión gráfica.”

La combinación de entrenar mediante el curso basado en Realidad Aumentada y las 5 horas de entrenamiento con la videoconsola Nintendo Ds y videojuego Tetris pueden conseguir este objetivo. En caso de no disponer de videoconsola NDs, se puede sustituir por la propuesta de juego con Pc.

Este entrenamiento que se propone, puede llevarse a cabo de forma autónoma. El curso de RA los estudiantes pueden realizarlo en las aulas de la universidad y el videojuego en casa.

En caso de incorporaciones tardías al curso académico de algunos estudiantes, también podrán realizar el entrenamiento de forma autónoma por sus propios medios, ya que lo único que se necesita para el entrenamiento con RA es una Web-Cam.

7.3 DIRECTRICES SOBRE REALIDAD AUMENTADA.

La realidad aumentada como tecnología emergente, tiene un gran potencial en áreas muy variadas (entretenimiento, educación, medicina, psicología, arquitectura, etc.), numerosos estudios e investigaciones han desarrollado aplicaciones así lo evidencian. En el apéndice de esta tesis, se muestran numerosas referencias, aplicaciones, desarrollos y estudios realizados mediante esta tecnología. La recopilación de trabajos e investigaciones que se ha realizado, hace ver que la tecnología de RA avanza hacia sistemas colaborativos, altamente interactivos, y con la integración de dispositivos que realizan un registro 3D en tiempo real. Los ordenadores, cada día más sofisticados y potentes, permiten que los objetos virtuales sean más realistas. Por otra parte, los dispositivos son cada vez más ligeros y ergonómicos, por lo que las aplicaciones de RA se están adaptando a PDAs o teléfonos móviles con cámaras integradas.

La utilización de marcas fiduciales (patrones planos) permite una interacción tangible, ya que los objetos virtuales, al relacionarse con marcas físicas, pueden ser literalmente cogidos con las manos para manejarlos de una forma natural (se pueden girar, mover, acercar o alejar), emulando incluso la forma en cómo se utilizan sus correspondientes objetos reales.

El diseño de aplicaciones sencillas hace más natural la comunicación persona-ordenador, permitiendo incluso que personas no familiarizadas con los ordenadores puedan interactuar con el sistema.

La configuración de equipos basados en proyecciones (proyectores) facilitan una visualización compartida, posibilitando la participación colaborativa con el uso de un único dispositivo (con lo que se reducen los costes).

La forma más extendida para realizar de aplicaciones de RA es la utilización de software basado en el reconocimiento de marcas fiduciales (patrones planos). Algunos de ellos como ARToolKit, MXRToolKit, AMIRE o Build_AR, están diseñados para la generación de escenas aumentadas. Entre sus ventajas cabe destacar:

- La precisión alcanzada para incorporar objetos virtuales 3D en la escena real es del orden del cm.
- Los objetos generados por ordenador se pueden relacionar fácilmente con las marcas permitiendo interfaces tangibles.
- La economía de los sistemas, ya que son aplicaciones de licencia GPL (General Public Licence) y para el uso de aplicaciones RA únicamente es necesaria una cámara Web.

Sin embargo, también hay que tener en cuenta sus limitaciones:

- Fuerte dependencia de las condiciones de luminosidad.
- Escala local de trabajo (distancia cámara-marca).
- El entorno físico se ve alterado por las marcas.

Además, un inconveniente en la utilización de software libre es la falta de garantía de que éste funcione de forma correcta, la ausencia en algunos casos de un manual o de asistencia técnica ante cualquier problema o duda. Por ello en esta tesis se empleó una librería propia (HUMANAR) desarrollada en LabHuman¹, para realizar nuestra propia aplicación de Realidad Aumentada. Esta librería dispone de una serie de ventajas con respecto a las anteriores:

- Alcanza precisiones milimétricas.
- Es precisa en condiciones de luminosidad desfavorables.
- Control absoluto de la aplicación.

7.4 LÍNEAS FUTURAS

A partir de la experiencia adquirida en los estudios experimentales, sería importante realizar nuevas investigaciones y desarrollar algunas cuestiones relevantes en el contexto de esta tesis. Se pueden citar varias líneas de actuación:

- Realizar entrenamientos enfocados a niveles de educación secundaria para dotar de buenos niveles de capacidad espacial a edad temprana.
- Realizar medición de la capacidad espacial utilizando herramientas específicas de medición en el ámbito de ingeniería (Sutton & Williams, 2008).
- Desarrollar nuevas metodologías y herramientas atractivas para los estudiantes, y que además les permita desarrollar la habilidad espacial.
- Mejorar la calidad docente en las asignaturas de Expresión Gráfica introduciendo herramientas y metodologías atractivas para los estudiantes y adaptadas a las consideraciones del modelo Europeo de Educación Superior (Ontoria Peña, 2004).

¹ <http://www.labhuman.com/>

- Búsqueda de nuevos yacimientos de trabajo donde desarrollar esta línea de investigación (mejora de la capacidad espacial en el ámbito de ingeniería)

En los estudios experimentales se han realizado pruebas de usabilidad y satisfacción a los participantes, con la finalidad de evaluar las herramientas y materiales elaborados y establecer líneas futuras de actuación. Es por ello que en futuros desarrollos se prevé de igual forma realizar dichos análisis.

7.4.1 Líneas futuras en el ámbito de realidad aumentada.

En esta tesis ha proporcionado conocimientos en un campo en el que poder enfocar la labor investigadora y aportar a la sociedad herramientas útiles y accesibles. Se podrían plantear las siguientes líneas de actuación:

- **Estudiar campos de aplicación.** Es importante el estudio de aspectos sociales a los que la tecnología de RA pueda aportar un beneficio, principalmente en los campos de la educación, entretenimiento y turismo.
- **Explorar otros dispositivos o metodologías de RA no abarcadas durante la tesis.** Están cobrando importancia la realización de aplicaciones de RA en dispositivos móviles, como PDAs o teléfonos móviles, principalmente en el campo del entretenimiento. En este sentido, se considera relevante la exploración de las librerías Studierstube (introducidas en el apartado 4.7.5) y el desarrollo de aplicaciones en este formato. Además se exploraran otras configuraciones utilizando pizarras digitales y libros electrónicos como soporte de marcas y contenidos.
- **Colaboraciones con entidades públicas y privadas.** Proponer a organismos públicos el desarrollo de utilidades y aplicaciones en el sector turístico.
- **Desarrollo de contenidos.** Confeccionar contenidos y herramientas más sofisticadas que puedan ayudar a desarrollar las habilidades espaciales, proporcionando al usuario una mayor capacidad de interacción con las herramientas que se desarrollen.

7.5 TRABAJOS CITADOS EN CAPÍTULO 7.

Ontoria Peña, A. (2004). Aprendizaje centrado en el alumno (ACA): nueva mentalidad docente en la convergencia europea. *Revista de investigación educativa*, 1, 38-61.

Stumpf, H., & Eliot, J. (1999). A Structural Analysis of Visual Spatial Ability in Academically Talented Students. *Learning and Individual Differences*, 11 (2), 137-151.

Sutton, K., & Williams, A. (2008). Developing a Discipline-Based Measure of Visualisation. *2008 National UniServe Conference. Symposium Proceedings Visualisation and Concept Development*. Sydney, NSW.

APÉNDICE

REALIDAD AUMENTADA. Una tecnología emergente.

1. INTRODUCCION.

La realidad virtual (RV) en numerosos sectores de la industria y en el ámbito cotidiano está siendo una herramienta versátil y de gran utilidad. A partir de la tecnología de realidad virtual, surge la realidad aumentada (RA), una tecnología que comienza a dar sus primeros pasos finales de los años 90 y en la actualidad se afianza y desarrolla en numerosos campos. La realidad aumentada emerge como una tecnología versátil y de aplicación en numerosos campos de forma que podemos encontrar aplicaciones de esta tecnología en áreas como medicina, ingeniería, cultura, educación, marketing y publicidad, etc...

En una aplicación de realidad virtual, el usuario se sumerge en un mundo totalmente sintético en el que es posible interactuar y obtener respuesta. Sin embargo, en una aplicación de realidad aumentada el usuario interactúa con el mundo físico y real que le rodea, sobre el que se añaden objetos virtuales generados por ordenador. La percepción visual que el usuario tiene sobre los objetos reales y virtuales es la misma.

Milgram definió por primera vez el concepto de Realidad Mezclada (Mixed Reality) de manera que, en función de la cantidad de objetos virtuales añadidos a la escena real y que gestiona el ordenador, propone la clasificación que se muestra en figura A.1 (Milgram & Kishino, 1994).



Fig A.1. Milgram's representación simplificada de "virtuality continuum" donde RA es parte de RM, adaptado por Azuma (Azuma, Bailiot, Behringer, Feiner, Julier, & MacIntyre, 2001)

Azuma define la RA como los sistemas que contienen simultáneamente tres características:

1. Mezcla de lo real y lo virtual.
2. Interactividad en tiempo real.
3. Registro tridimensional.

Debido a lo reciente que es esta tecnología, no hay una definición que contenga todas las posibilidades que puede abarcar. Las definiciones que hemos encontrado en la literatura hacen referencia al uso de la tecnología con dispositivos o contenidos disponibles en el momento del trabajo de investigación a que hacen referencia. El continuo de Milgram junto con la definición de Azuma (1997) es la definición de Realidad Aumentada más comúnmente aceptada. Azuma define que "Realidad Aumentada es una variación de los Entornos Virtuales, o la Realidad Virtual como es más comúnmente conocida. Las tecnologías de

realidad virtual sumergen completamente a un usuario dentro de un entorno sintético. Mientras se está inmerso, el usuario no puede ver el mundo real a su alrededor. En contraste, realidad aumentada permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales, superpuestos o mezclados con el mundo real. Por lo tanto, la realidad aumentada no sustituye al entorno real."

En Bimber & Raskar (2005) no se da una definición formal de lo que es RA, pero se expone una comparación con los sistemas de RV: *"en los sistemas de RA el entorno real no se suprime por completo, sino que juega un papel fundamental ya que, en lugar de someter a los usuarios en una inmersión dentro de un mundo puramente sintético, la RA intenta adherir suplementos sintéticos al mundo real"*. Además insiste la existencia de un fuerte vínculo entre ambos mundos (real y virtual) establecido principalmente mediante una relación espacial.

El esquema básico de un sistema de realidad aumentada es una cámara que captura imágenes del mundo real, conectada a un ordenador que hace los cálculos necesarios para introducir dentro de la escena real, los objetos virtuales.

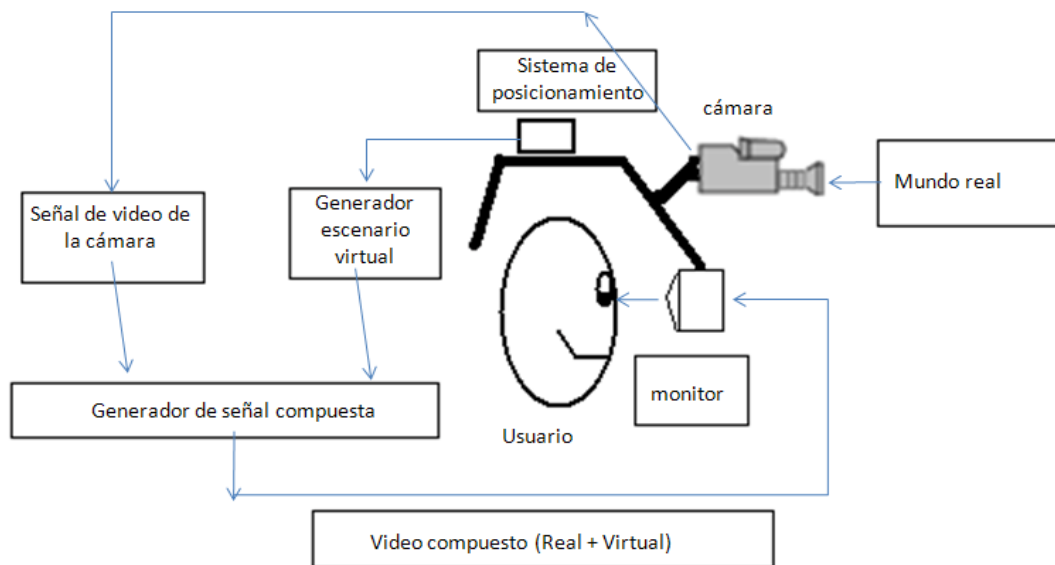
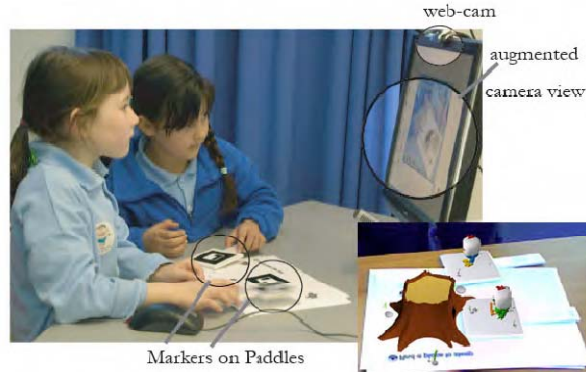


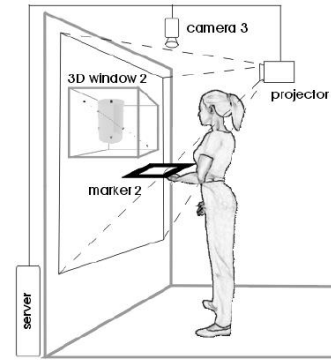
Fig A.2 Esquema básico de un sistema de Realidad Aumentada, en (Vallino, 1998)

El resultado es una imagen que se muestra al usuario en la pantalla del ordenador, proyectado en pantalla a través de un retroproyector o mediante visores que permitan una mayor inmersión en la aplicación.

A continuación podemos observar en imágenes varias formas de percibir la realidad aumentada, según el dispositivo de salida de la imagen aumentada.



Objetos virtuales visualizados en monitor (Hornecker & Dünser, 2009)



Esquema de objetos virtuales visualizados en pantalla-proyector (Kaufmann & Schmalstieg, 2002)



Fig A.3 Recopilación de imágenes de varios artículos de la bibliografía.

El mayor problema que se tiene que resolver es la integración de los objetos virtuales con las imágenes capturadas. La precisión en esta tarea debe ser tal que el usuario tenga una sensación realista de coexistencia entre los objetos reales y los virtuales. Además el movimiento de los objetos virtuales debe hacerse en tiempo real.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA.

Un sistema de realidad aumentada consiste en crear una interfaz formada por un conjunto de componentes conectados y que operan en tiempo real. Describiremos varias formas de configurar un interfaz de RA y cada uno de ellos proporcionará una sensación distinta de inmersión en el ambiente virtual creado.

La combinación de imágenes reales y virtuales en una única imagen presenta nuevos retos técnicos para los diseñadores de sistemas de realidad aumentada ya que en función del objetivo a conseguir el interfaz debe ser adecuado para el fin. Los componentes del equipo para hacer esta fusión de las dos imágenes es una decisión que el diseñador debe tener en cuenta para facilitar el uso de la herramienta que va a crear bajo el sistema de RA.

La figura A.4, presenta la configuración más simple que podemos realizar para un sistema de realidad aumentada.

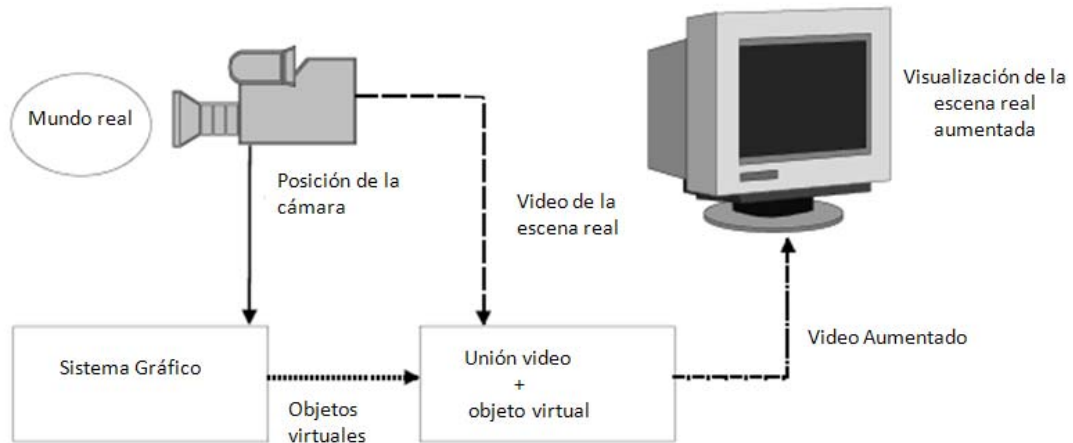


Fig A.4 Pantalla de Realidad aumentada basada en un monitor, en (Vallino, 1998)

El resultado que se obtiene en la pantalla del monitor es el que aparece en figura A.5.



Fig A.5 Elementos virtuales aumentados en el entorno real (fuente ArTag)

Algunos trabajos basados en este tipo de configuración, pueden consultarse en (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001), (Kato, Tachibana, Tanabe, Nakajima, & Fukuda, 2003), (Woods, Mason, & Billinghurst, 2003). En este tipo de configuración el usuario tiene poca sensación de estar inmerso en el entorno creado por la pantalla.

En el capítulo 5, de esta tesis, se ha desarrollado un estudio experimental para el que se ha desarrollado una aplicación de RA utilizando esta configuración del sistema.

Con objeto de proporcionar al usuario una mayor sensación de estar inmerso en el entorno creado mediante RA, el sistema Head-mounted Display (HMD) que es utilizado en sistemas de RV, podemos adaptarlo como uno de los componentes del sistema de realidad aumentada. El HMD, consiste en un casco que sirve de soporte para unas gafas, en las que los cristales han sido sustituidos por una pequeña pantalla cercana al ojo. Las gafas proporcionan una

visión equivalente a estar frente a una pantalla de grandes dimensiones en la que se proyecta la escena real que capta una cámara colocada también sobre el casco o soporte.

En los sistemas de Realidad Virtual, el usuario está completamente inmerso en un mundo artificial y no hay manera de interactuar con objetos del mundo real. En contraposición, en la realidad aumentada los usuarios pueden interactuar mezclando el mundo real y virtual de una forma natural. En RA, los investigadores han desarrollado dos tipos de sistemas con HMD. El primero de estos sistemas consiste en la integración de los objetos virtuales en la escena real de forma que se unen y son visualizados en las gafas, que en realidad son unas pantallas a nivel del ojo (ver a través del video). Ver figura A.6.

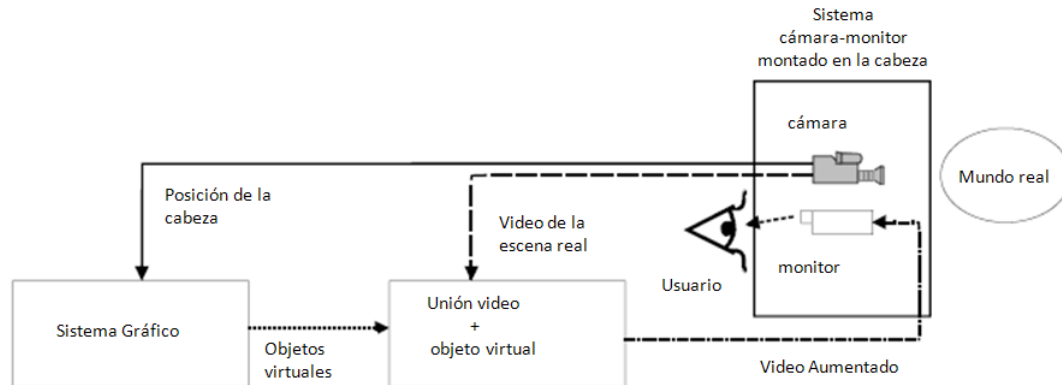


Fig A.6 Video aumentado en un dispositivo HDM (Head-mountain display), en (Vallino, 1998).

El segundo tipo consiste en que el usuario es capaz de ver el mundo real que tiene delante incluso con el HMD puesto en la cabeza. Es decir, en la pantalla de las gafas se proyectan los objetos virtuales pero el usuario puede ver el entorno real (figura A.10). Este tipo de sistemas lo hemos podido apreciar en películas de ciencia ficción, los pilotos que a través de sus gafas ven la realidad y superpuesta a ella información asociada a la imagen real. Pero ya no hace falta recurrir a la ciencia ficción, para poner ejemplos ya que la tecnología es posible (figura A.7 y A.8).



Fig A.7 Dispositivo Head-mounted display (HDM)



Fig A.8 Pantallas HUD montadas en gafas. Tareas de mantenimiento en un vehículo BMW.¹

En los sistemas anteriores, (el basado en el monitor y el basado en HDM) se requiere un método para unir los dos canales de video (real y virtual) en una única imagen. Este método es similar al empleado para comunicar la información meteorológica en televisión. Esta operación, conocida como Chroma-Key o "clave del color", consiste en sustituir un fondo plano (un único color) por otro virtual. La técnica consiste en unir dos señales de video, una es considerada como señal clave y la otra señal base. Por un lado tenemos la imagen virtual y

¹ http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_workshop_1.html

por otro lado la escena o escenario real que será de color azul o verde. En caso de disponer un fondo verde no pueden aparecer en la escena otros objetos verdes. El escenario será de uno de los colores señalados, uniforme, sin tonalidades y sin sombras. El motivo de emplear estos colores es por que al ser utilizado en platós de televisión son colores muy distintos a los de la piel. La unión de las señales de video, consiste en tratar la información cromática, de forma que donde hay un pixel de color verde en la señal base, se sustituye por el pixel correspondiente de la señal llave o video virtual.



Fig A.9 Decorados aumentados escenarios en Chroma key. Obtenido en www.brainstorm.es

Volviendo a los sistemas que estamos comentando, podemos ver en la figura A.10, que la fusión de mundo real y virtual aumentado, se realiza en la óptica que se coloca frente del usuario.

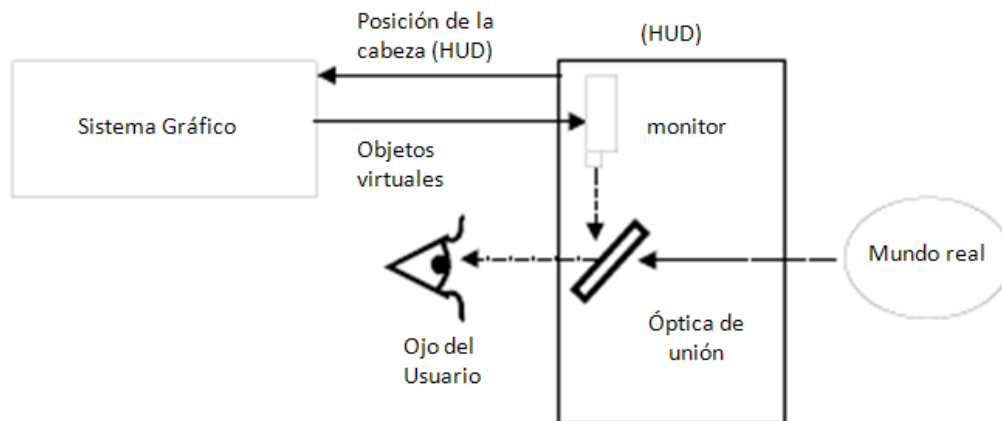


Fig A.10 Realidad aumentada en HUD, en (Vallino, 1998)

Esta tecnología es similar a las pantallas de visualización (HUD) que aparecen en cabinas de pilotaje de aviones militares y, recientemente en algunos automóviles experimentales (figura A.11). En este caso, la fusión de las dos imágenes se realiza en la pantalla montada frente al ojo.



Fig A.11 Pantallas HUD con información proyectada sobre ella (A la izquierda Cabina de pilotaje de un avión, en centro cabina de un barco y a la derecha coche BMW60). Obtenido en http://en.wikipedia.org/wiki/Head-up_display

Cada uno de estos tres sistemas presentan una serie de ventajas y desventajas (Azuma R. , 1997), y hemos de utilizarlos de forma que facilite la interacción hombre-maquina según el trabajo, tarea o proyecto a desarrollar.

En cuanto a los dos primeros sistemas (Monitor y video en HMD), para evitar “saltos” de imagen y ésta sea continua o al menos el ojo humano perciba continuidad de la imagen, es necesario ajustar el “frames time” y así conseguir que la unión de las imágenes sea continua. Un valor estándar para frames rate de la cámara es de 30 fr/sg, es decir 30 imágenes por segundo.

En definitiva, la diferencia entre RV y RA está en el tratamiento que hacen del mundo real. La RV introduce al usuario dentro de un mundo virtual reemplazando completamente al mundo real exterior, mientras que la RA deja al usuario ver el mundo real y aumenta la visión que éste tiene de su entorno mediante la superposición de objetos 3D virtuales lo que proporciona al usuario la ilusión que los objetos de los mundos real y virtual coexisten.

3. BREVE RECORRIDO HISTORICO.

La tecnología de RA está unida al desarrollo de la realidad virtual. Realizamos un recorrido desde las primeras apariciones de un HDM, momento a partir del cual podría utilizarse este dispositivo para RA hasta nuestros días.

1968

Ivan Sutherland crea el primer sistema de realidad aumentada, que es también el primer sistema de realidad virtual. Desarrolló el primer HDM para visualizar imágenes generadas por el ordenador. Debido a la limitada potencia de procesamiento de las computadoras en ese momento, sólo los dibujos de modelos alámbrico y muy simples podían ser visualizados en tiempo real. El display utilizaba tubos de rayos catódicos (CTR) muy

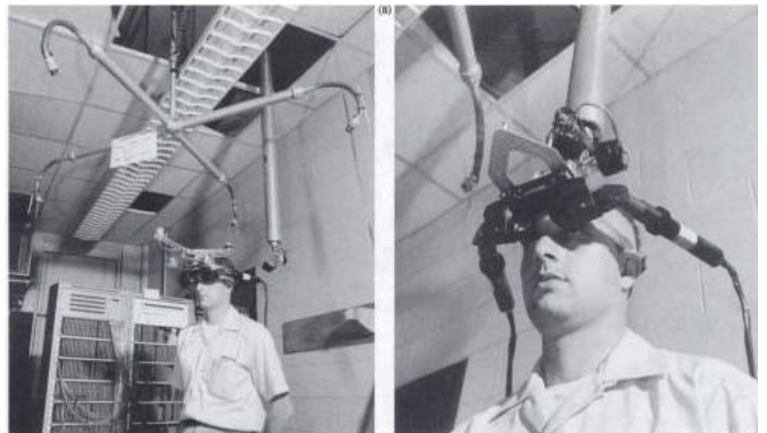


Fig A.12 Ivan sutherland. Pionero en investigación con HDM, en (Sutherland, 1968)

pequeños, con la óptica adaptada para presentar imágenes separadas a cada uno de los ojos y una interfaz de sensores mecánicos y ultrasónicos con seis grados de libertad (6DOF). Como curiosidad, a pesar de ser concebido para portarlo en la cabeza, el peso que tenía el dispositivo era excesivo como para aguantarlo directamente sobre la cabeza, por ello se apoyaba en unas barras que se ancladas en el techo.

1992

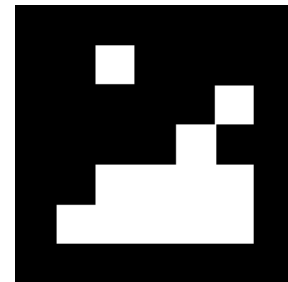
La primera vez que aparece publicado el término realidad aumentada fue en un artículo de Caudell y Mizell (1992). En este artículo analizan las ventajas de la RA frente a la RV, refiriéndose a la menor potencia de los sistemas informáticos ya que tendrían que procesar menor cantidad de pixel.

1994

Paul Milgram y Fumio Kishino publican el artículo "Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays" (Milgram & Kishino, 1994) en el que definen la Realidad-Virtualidad Continuum. Milgram y Kishino describen un proceso continuo que se extiende desde el entorno real con el entorno virtual. Considerando que hay una realidad aumentada, más cerca del entorno real y una Virtualidad Aumentada, que está más cerca del entorno virtual (fig. 4.1)

1996

Jun Rekimoto presenta un sistema de marcas planas en 2D, un sistema similar a un código de barras en forma de cuadrado, que permiten el seguimiento de la cámara con seis grados de libertad (Rekimoto, 1996).



FigA.13 Marca plana 2D
(Marca fiducial).

1997

Ronald Azuma publica el primer estudio sobre la Realidad Aumentada. En este artículo, Azuma proporciona una definición ampliamente reconocida para realidad aumentada (Azuma R. , 1997).

Varios proyectos se desarrollan en esta fecha con la tecnología más reciente del momento bajo la dirección y tutela del profesor de la Universidad de Columbia, Steve Feiner².

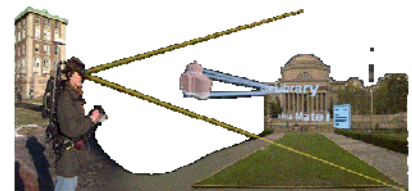


Fig A.14 Aplicación MARS

Los autores Feiner, Macintyre, Höllerer, & Webster (1997) desarrollan una aplicación dedicada a turismo. Se trata del primer sistema de realidad aumentada móvil (MARS). Se trata de un equipo pesado y poco óptimo. Utiliza un HDM con pantalla integral, una mochila con un ordenador, un GPS diferencial, un ordenador de mano con lápiz óptico para interactuar con el interfaz y el touch interfaz.

Philippe Kahn inventa el teléfono con cámara. Este dispositivo es un hito en el campo de la Realidad Aumentada, pues abre nuevos campos y posibilidades de uso de la tecnología RA.

² <http://graphics.cs.columbia.edu>

1999

Hirokazu Kato y Mark Billinghurst presentan ARToolKit, una librería de marcas fiduciales cuadradas. Codificando estas marcas por un objeto virtual, y a partir de un sistema de reconocimiento de patrones de imágenes se puede obtener la orientación de las marcas y por tanto disponer de seis grados de libertad para el objeto virtual (Kato & Billinghurst, 1999). ARToolKit está disponible como código abierto y es muy utilizada para el desarrollo de aplicaciones de RA.

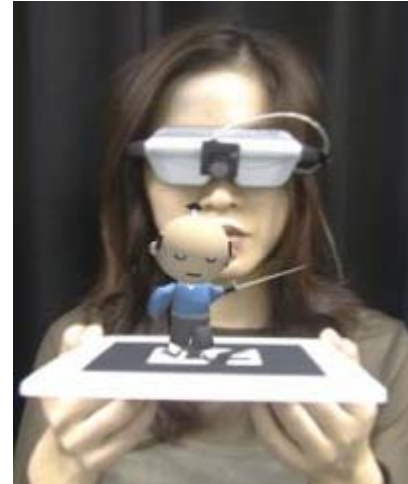


Fig A.15 Ejemplo de Realidad Aumentada con Marcas ARToolKit.

A partir de este año, comienzan los primeros congresos dedicados a realidad aumentada, lo que sugiere que una nueva línea de investigación se abre en la disciplina de la realidad aumentada. Los trabajos e investigaciones desarrolladas comienzan a exponerse en estos congresos:

- IEEE International Workshop on Augmented Reality (IWAR).
- International Symposium on Mixed Reality (ISMR).
- IEEE, ACM, and Eurographics International Symposium on Augmented Reality (ISAR).

A partir de 2002, ISMR e ISAR se unen para dar lugar al International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), siendo un referente en la disciplina de realidad aumentada. Son numerosos los congresos de disciplinas de ingeniería, tecnología, medicina entre otros, los que tienen entre sus líneas de trabajo la RA.

La industria del ocio y el entretenimiento en el campo de los videojuegos y videoconsolas introducen la tecnología de RA en sus productos, desarrollando líneas de investigación en este campo, y surgen dispositivos como EyeToy³.

El EyeToy es un periférico creado por London Studio⁴ para la PlayStation 2. Se trata de una cámara que permite al jugador interactuar con lo que aparece en la pantalla. Dependiendo del juego, la cámara reconoce movimientos del jugador y puede crear elementos virtuales en la escena real. Dispone de un reconocimiento de marcas que la cámara reconoce como elementos virtuales con los que se puede interaccionar.

³ <http://www.research.scea.com/research/research.html> (Consultado 19 Noviembre 2009)

⁴ <http://www.worldwidestudios.net/en/Homepage> (Consultado 21 Septiembre 2009)

El desarrollo de la tecnología utilizada con EyeToy, se atribuye al doctor Richard Marks, al que podemos ver en la imagen con un duende virtual sobre una esfera. Este investigador, desarrolla su trabajo en el departamento de investigación y desarrollo de Sony Computer Entertainment US R&D (PlayStation). Su investigación se ha centrado en estudiar la entrada de señal vídeo en tiempo real a la videoconsola PlayStation. En la actualidad es responsable del grupo de proyectos especiales en I+D de Sony Computer Entertainment, que incluye la investigación en interfaces hombre-máquina y de simulación física⁵.



Fig A.16 Periférico - cámara EyeToy, abajo Richard Marks.



2002-2004

En este periodo de tiempo se desarrolla el proyecto AMIRE⁶, es un software de libre uso basado en las librerías ARToolKit, y que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada de manera sencilla, sin la necesidad de programación.

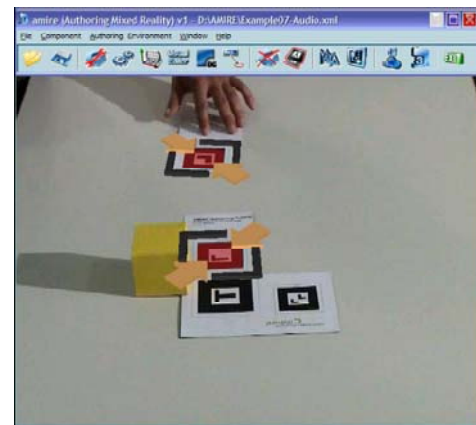


Fig A.17 Escena de RA en AMIRE

2003

Europa implanta los servicios de telefonía 3G, lo que permite disponer de una tecnología más avanzada en cuanto a dispositivos móviles y se pueden desarrollar aplicaciones y nuevos servicios con una alta calidad de imagen y elevada velocidad de transmisión de datos.

⁵ [http://www.stanford.edu/class/ee380/Abstracts/ EyeToy: A New Interface for Interactive Entertainment](http://www.stanford.edu/class/ee380/Abstracts/EyeToy%20A%20New%20Interface%20for%20Interactive%20Entertainment)

⁶ <http://amire.net/index.html> (consultado el 10 Septiembre 2009)

El incremento de capacidad de almacenamiento de los móviles y la integración de cámaras digitales, hacen de éste un dispositivo idóneo para ser utilizado en aplicaciones de RA móviles.

Daniel Wagner, del Instituto Computer Graphics and Vision, de la Graz University of Technology ha desarrollado ARToolKitPlus (2003-2006), se trata de una librería que toma como base ARToolKit para crear aplicaciones de RA en los teléfonos móviles y PDAs (Wagner D. , 2007a), (Wagner & Schmalstieg, 2007b).

2006

Nintendo lanza la video consola Wii (Figura A.18). El mando de Wii es inalámbrico, *Wii Remote* es sensible a los movimientos y aceleración que le afectan, conoce la orientación en 3D en todo momento, de forma que los replica de forma exacta en la pantalla de la TV.



Fig A.18 Mando de la Videoconsola Wii

2007

Una nueva generación de juegos EyeToy ponen de manifiesto la integración de la realidad aumentada en el mundo de los videojuegos.

Algunos juegos como *The Eye of Judgement*⁷ o *NAVGTB B-Roll*⁸ utilizan EyeToy. El primero de ellos es un juego de cartas y tapete (marcadores) de monstruos. Por medio de PlayStation Eye Toy, es posible jugar en pantalla y ver cómo los monstruos impresos reciben vida digital, se mueven, realizan ataques e interactúan con otros monstruos... Mediante el videojuego *NAVGTB B-Roll*, se pueden crear animaciones y escenarios virtuales simples.



Fig A.19 Componentes y demostración del Videojuego The Eye of judgement

⁷ <http://www.us.playstation.com/EyEOFJudgment/> (Consultado 21 Septiembre 2009)

⁸ <http://www.youtube.com/watch?v=FpNdkm9s8AY> (Consultado 21 Septiembre 2009)

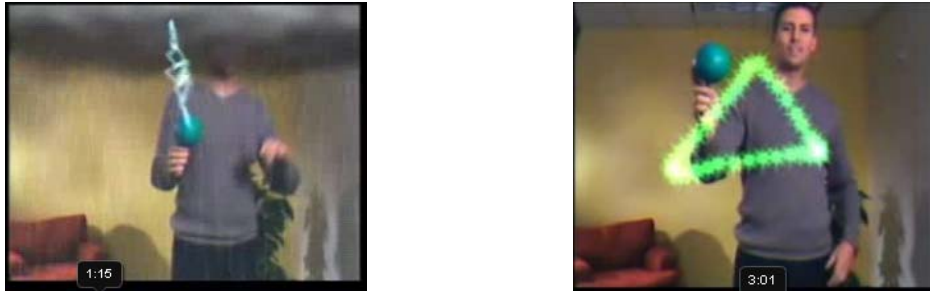


Fig A.20 Demostración del Videojuego NAVGTR B-ROLL

2009

En junio de 2009, en la feria Electronic Entertainment Expo (E3expo2009), Sony presentó el *PlayStation 3 Motion Controller*⁹. La tecnología que presentan aún está en desarrollo, y pretende estar disponible en primavera de 2010. Esta tecnología desarrollada también por el equipo de investigación de Richard Marks, trata de incorporar tecnología RA en los juegos, para lo cual el mando (Motion controller,) además de tener las funcionalidades del controlador inalámbrico de Wii, podrá ser identificado por el videojuego como un elemento virtual. Es interesante la entrevista¹⁰ realizada al Dr. Richard Marks en la que explica y hace una demostración del desarrollo del dispositivo Motion Controller para PlayStation 3.



Fig A. 21 Presentación del Motion Controller para PlayStation 3

⁹ http://www.youtube.com/watch?v=th8_zKa0DKk (Consultado 19 Noviembre 2009)

¹⁰ <http://blog.eu.playstation.com/2009/08/28/exclusive-behind-the-scenes-with-scea-research-development-part-1/> (Consultado 19 Noviembre 2009)

4. CAMPOS DE APLICACIÓN Y DESARROLLO.

Los guionistas de la industria cinematográfica de Hollywood, en la década de los 80, con cierta imaginación concebían sistemas de realidad aumentada y dejaron constancia de ello en películas como Terminator o Robocop. En la actualidad esta tecnología empieza a ser más real, de forma que se ha ido introduciendo en áreas como la ingeniería, medicina, educación, cultura.... Algunos ejemplos de los posibles campos de aplicaciones de la realidad aumentada son:

- **Mantenimiento y montaje:** La tecnología de realidad aumentada puede ayudar a un operario para realizar las tareas de montaje o mantenimiento de alguna máquina mostrando información sobre posiciones de piezas, conexiones de cableado, etc... quedando a segundo plano la consulta de manuales. Los fabricantes de aeronaves han sido pioneros en la incorporación de sistemas de realidad aumentada en las tareas de fabricación y mantenimiento. Una investigación realizada por Neumann & Cho (1996) y la compañía de fabricación de aeronaves McDonnell-Douglas desarrollaron un sistema para guiar a los técnicos de mantenimiento y reparación mediante tecnología de RA. Destacamos en este campo de la aeronáutica ARMAR (Augmented Reality Maintenance and Repair), un proyecto de Investigación recientemente desarrollado por Henderson & Feiner (2007).

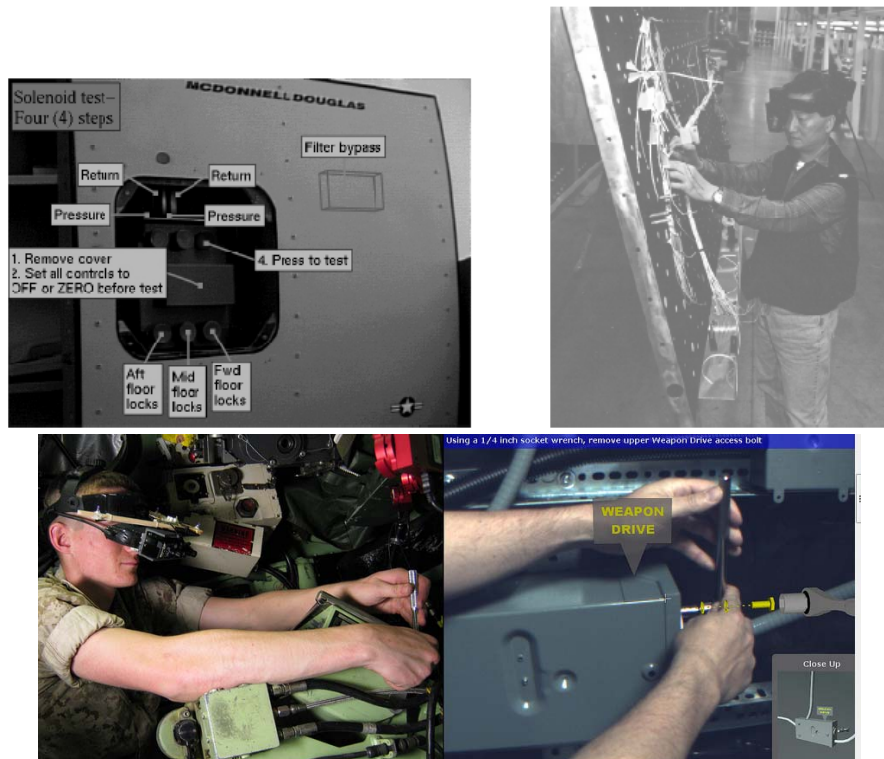


Fig A.22 Mantenimiento de aeronaves mediante RA, en (Neumann & Cho, 1996) y (Henderson & Feiner, 2007)

- **Fabricación.** La integración de máquinas en una fábrica, puede ser una tarea que se puede desarrollar en AR. La simulación de procesos, de cara a la optimización de los recursos y para planificar las futuras líneas de trabajo. La figura A.23 muestra la integración de maquinaria virtual en el entorno en que serán incorporadas. Con esta forma de operar se puede reducir el coste y otras mejoras en el campo de la planificación de fabricación (Doil, Schreiber, Alt, & Patron, 2003). Una aplicación a la factoría de Volkswagen se presenta en (Pentenrieder, Bade, Doil, & Meier, 2007)

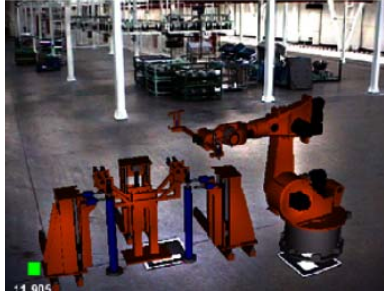


Fig A.23 Planificación de distribución en planta, en (Doil, Schreiber, Alt, & Patron, 2003)

- **Ingeniería:** En Ong, Pang, & Nee (2007), se presenta una metodología para la planificación, ensamblaje y diseño del producto. Con objeto de mejora las primeras etapas del diseño, se propone que los ingenieros puedan diseñar y planificar la secuencia del montaje de un producto a través de la manipulación de prototipos virtuales en RA, lo que ayuda a los ingenieros en tiempo real a tomar mejores decisiones en la planificación y diseño de montaje.
- **Arquitectura:** La realidad aumentada se puede utilizar para predecir el impacto que tendrá una construcción sobre el paisaje. Sobre el terreno en el que se construirá se añade un modelo virtual 3D del edificio que se construirá (Sánchez & Borro, 2007). La rehabilitación de edificios, también es objeto de aplicación de esta tecnología. Una herramienta como RA, para los arquitectos es de gran ayuda para ver, a escala 1:1 y utilizando dispositivos móviles, la apariencia final de la obra, pudiendo cambiar materiales, colores y texturas (Tonn, Petzold, Bimber, Grundhö, Fer, & Donath, 2008).



Fig A.24 Impacto visual por integración de edificios en una ciudad, en (Sánchez & Borro, 2007)

En planificación urbanística, la aplicación desarrollada por Kato, Tachibana, Tanabe, Nakajima, & Fukuda (2003), se basa en un sistema de planificación de una ciudad (calles, jardines, edificios...)

Una aplicación más modesta, pero de gran utilidad para los arquitectos, es la creación de maquetas virtuales como alternativa a la construcción física de dicha maqueta (Aguilar, Urdiales, Fernández-Ruiz, & Sandoval, 2004).

- **Construcción, ingeniería, arquitectura.** Algunas publicaciones e investigaciones sugieren que es viable la introducción de Realidad Aumentada en los campos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. En el trabajo (Shin & Dunston, 2008), los autores realizan un estudio acerca no sólo para demostrar la viabilidad de su aplicación sino también la validación de su adecuación. El estudio identifica las aéreas en construcción industrial en las que sería idóneo aplicar las tecnologías de RA (diseño, la excavación, el replanteo, la inspección, la coordinación, supervisión, estrategia ...)
- **Medicina:** Uso de RA para asistir a los médicos mediante imágenes tridimensionales, es una herramienta prometedora en el futuro próximo. El problema actual con los rayos X y las imágenes de ultrasonido (resonancias) es que se representan en dos dimensiones y es difícil hacer una composición espacial de la información. Al superponer esta información sobre el paciente por medio de RA, el médico puede ver inmediatamente cómo los datos de la imagen se relacionan con el mundo físico de forma que el uso e interpretación de las imágenes se trabajan de manera más eficaz. Un ejemplo de aplicación, es la posibilidad de asistencia durante una simple operación (Rosenthal, y otros, 2002). En este trabajo han llevado a cabo la investigación de superponer las imágenes de ultrasonido en el cuerpo de una mujer con objeto de ayudar a realizar biopsias de mama. Durante la biopsia, una aguja se inyecta en las zonas del cuerpo donde el médico debe tomar una muestra y analizarla. Normalmente, el médico tomará muestras de varias zonas, ya que no puede ver el interior del cuerpo humano, y mucho menos la localización exacta del elemento al que va a practicar la biopsia. Utilizando RA, realizan la superposición de las imágenes tridimensionales obtenidas por resonancias, de forma que la aguja con la que practicará la extracción, puede llegar con precisión al área de interés (fig. A.25).

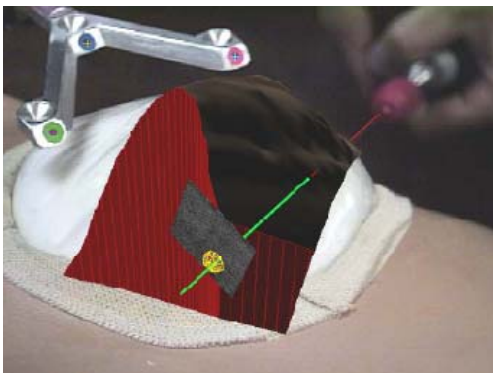


Fig A.25 Realización de una biopsia mediante superposición de imágenes por RA,



Fig A.26 Procedimientos de mínima invasión médica mediante uso de RA, en Fischer 2004

en (Rosenthal et al, 2002)

Aunque la tecnología de Realidad aumentada es reciente, son numerosas las aplicaciones que se han realizado en el campo de la medicina, algunos ejemplos podemos consultar en (Nikou, Digioia, Blackwell, Jaramaz, & Kanade, 2000), (Weidenbach, y otros, 2000) (Rosenthal, y otros, 2002) (Aschke, Wirtz, Raczkowsky, Worn, & Kunze, 2003) (Balasingham, Samset, Hansen, & Aurdal, 2003) (Fischer, Bartz, & StraBer, 2004) (Gelenbe, Hussain, & Kaptan, 2005) (Konishi, y otros, 2005) (Wacker, y otros, 2005) (Mischkowski, Zinser, Kubler, Krug, Seifert, & Zoller, 2006) (Fischer, Eichler, Bartz, & Straer, 2007)

En la línea de lo comentado anteriormente, un médico puede utilizar la realidad aumentada para ver el interior del paciente antes de una operación para poder planificarla (Roncaglio & Gonzalez, 2007), o durante ella para localizar algún tejido dañado (Grimson, Ettinger, White, Gleason, Lozano-Pérez, & Kikinis, 1995). El proyecto desarrollado por este equipo de investigación médica puede consultarte en su propia página web¹¹.

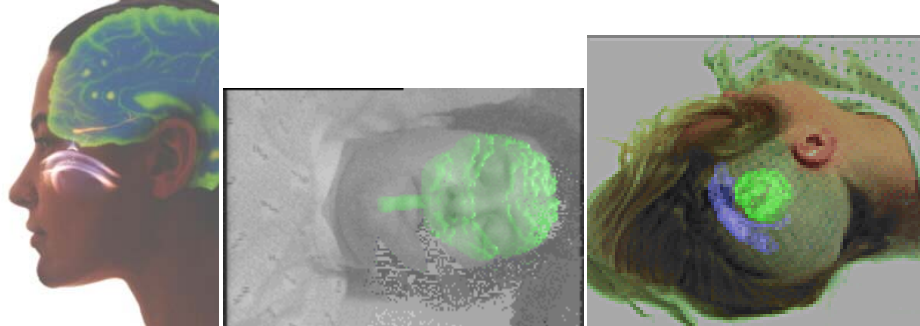


Fig A.27 Aplicaciones de RA en medicina, en Grimson et al 1995.

- **Educación.** Debido a la gran versatilidad que ofrece el sistema de RA, se han desarrollado aplicaciones en numerosos campos de la educación: matemáticas, mecánica, física y urbanismo entre otros.

El grupo de investigación *Interactive Media System Group*¹², del Institute of Software Technology and Interactive System¹³ (Vienna University of Technology), es pionero en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en el ámbito de la educación. Cabe destacar la aplicación Construct3D (2002), descrita en (Kaufmann H. , 2002) (Kaufmann & Schmalstieg, 2003) (Kaufmann H. , 2004). Se trata de una aplicación de realidad aumentada diseñada para la educación en el campo de la geometría matemática. Es un sistema que permite la creación de escenarios geométricos de forma que puedan interaccionar el alumno y el profesor para explicar los contenidos geométricos. Puede ser utilizado en tres modos diferentes: modo autónomo, donde el estudiante puede ver e interactuar con los objetos construidos por él mismo; modo colaborativo, visible para todos los usuarios y modo de profesor, en el que el profesor

¹¹ Image Guided Surgery Home Page. <http://groups.csail.mit.edu/vision/medical-vision/> (Consultado Sept 2009)

¹² <http://www.ims.tuwien.ac.at/> (Consultado Nov. 2009)

¹³ <http://www.isis.tuwien.ac.at/> (Consultado Nov. 2009)

selecciona la visibilidad para unos u otros alumnos. Kauffman, propone impartir una clase aumentada, en la que los alumnos están provistos de HMD y pueden interactuar con los objetos virtuales y según las indicaciones del profesor, que lleva el control de la actividad, los alumnos responden a sus ejercicios (Figura A.28). Esta herramienta ha sido puesta a prueba para comprobar su viabilidad para mejorar las habilidades espaciales en los estudiantes (Dünser, Steinbügl, Kaufmann, & Glück, 2006).



Fig A.28 Estudiantes trabajando en el espacio 3D con Construc3D en kauffman 2004

Los mismos autores, desarrollaron una aplicación educativa de contenidos de “teoría de mecanismos” (Kaufmann & Meyer, 2008). Mediante realidad aumentada, la aplicación puede simular experimentos físicos en el campo de la mecánica y en tiempo real (Fig A.29).



Fig A. 29 Estudiantes realizando experimentos de física-mecánica en tiempo real con RA.

Un estudio de aprendizaje colaborativo en materia de urbanismo y planificación territorial (Chen & Wang, 2008) concluye que, con la tecnología RA se puede mejorar el diseño de las actividades a realizar por los estudiantes.

En educación médica, con objeto de entrenar a los futuros médicos anestesiólogos, se propone una aplicación de simulación con RA, del equipo empleado para anestesia en quirófanos (Quarles, Lampotang, Fischler, & Fishwick, 2009).

M. Carmen Juan, del grupo de investigación de Ingeniería Gráfica de la Universidad Politécnica de Valencia, propone una aplicación que utilizarán niños en edad escolar, con objeto de aprender las partes del cuerpo humano (Juan, Beatrice, & Cano, 2008).

Kondo (2006), expone varios ejemplos de enseñanza utilizando la tecnología de realidad aumentada en varios campos educativos.

Otras aplicaciones en el campo de RA e interesantes podemos consultar en (Hall, Ciolfi, Bannon, Fraser & Benford, 2002), (Gillet, Sanner, Stoffer, Goodsell, & Olson, 2004), (Lu, Lim, Zheng, & Cai, 2004), (Klopfer, Perry, Squire, & Jan, 2005), (Garzotto & Forfori, 2006), (Pan, Cheok, Yang, Zhu, & Shi, 2006).

- **Edutainment.** En educación, para hacer más ameno el aprendizaje se han adoptado metodologías con un componente de entretenimiento. El término *edutainment* surge de la interacción entre educación y entretenimiento (education + entertainment). Estos sistemas de aprendizaje se basan en el juego, con el objetivo de ser más eficaces y atractivos.

Uno de los trabajos más recientes en el campo de RA, ha sido realizado con objeto de desarrollar habilidades sociales y crear relaciones en los niños de 7-8 años (Hornecker & Dünser, 2009).



Fig A.30 Niños creando una historia con personajes virtuales. (en Hornecker & Dünser, 2009)

El grupo ISI de la Universidad de Málaga, proponen dos aplicaciones para la didáctica musical, en una de ellas proponen un piano virtual, que al colocar los dedos sobre el teclado virtual, la tecla que se oculta por el dedo reproduce el sonido de la tecla, en la otra se propone un pentagrama virtual, sobre el que los alumnos colocarán las notas virtuales (Peula, Zumaquero, Urdiales, Barbancho, & Sandoval, 2007).

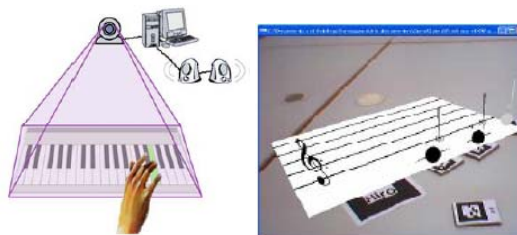


Fig A.31 Aplicaciones RA para la didáctica musical (Grupo ISI, de Univ. de Málaga)

Otros trabajos de RA dentro de este campo los podemos encontrar descritos en (Bobick, Davis, & Intille, 1997), (Bobick, y otros, 1999), (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001), (Cheok, y otros, 2002), (Cheok, y otros, 2006), (De Souza e Silva & Delacruz, 2006), (Garzotto & Forfori, 2006).

MXRToolkit es una librería para construir aplicaciones de RA. Es de libre uso y ha sido desarrollada por Mixed Reality Laboratory, de la National University of Singapore. En la web de MXR¹⁴ se describen varios sistemas que pretenden educar a través del juego, en diversos aspectos: la ciencia, matemáticas y otras materias. *Solar System* y *Plant Story*, son dos aplicaciones en las que se explican conceptos relacionados con el sistema solar, y la vida de las plantas.

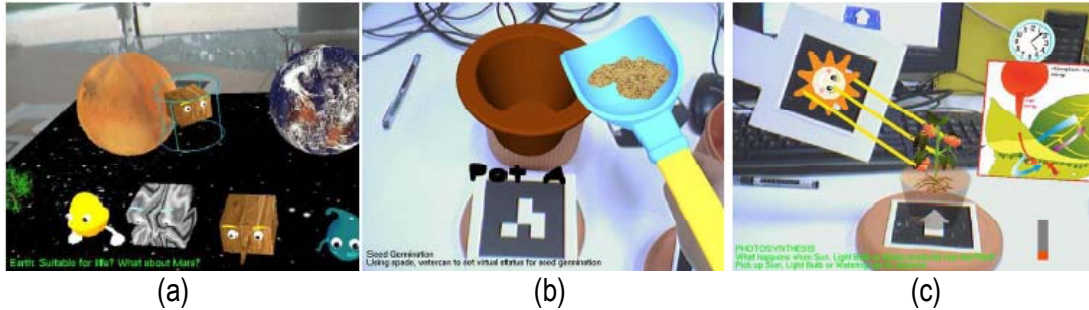


Fig A.32 Aplicaciones desarrolladas en MXR. (a) Solar System, (b y c) Plant Story.

Bajo el nombre de Magic Story cube, se presenta un interfaz de realidad aumentada tangible que utiliza un cubo físico desplegable con un marcador en cada cara (Zhou, Cheok, Pan, & Li, 2004) (Zhou, Cheok, Li, & Kato, 2005). El usuario va descubriendo la historia a medida que va desmontando el cubo (Fig A.33).

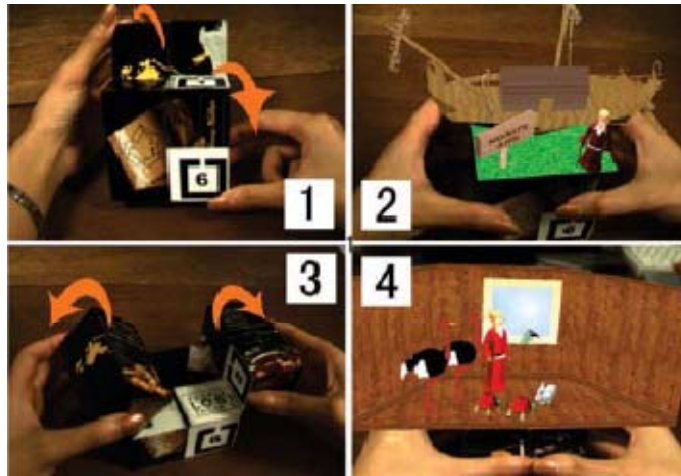


Fig A.33 Magic Story Cube. Desarrollado en MXR (Zhou et al, 2004)

Do & Lee (2009), han desarrollado un juego 3D de Realidad Aumentada, Inspirado por el juego de LEGO. Según los autores el juego proporciona una herramienta para mejorar la capacidad espacial para una amplia gama de edades. Además presentan el estudio que se llevó a cabo para evaluar el juego y compararlo con el juego de LEGO real.

- Psicología. LabHuman – Human Centered Technology, de la Universidad Politécnica de Valencia, es pionero en el desarrollo de sistemas de RA para el tratamiento de trastornos fóbicos.

¹⁴ <http://www.mixedreality.nus.edu.sg/> (Consultado Nov. 2009)

Juan, Alcañiz, Monserrat, Botella, Baños, & Guerrero (2005) presentan un sistema de RA para tratamiento de fobias a animales pequeños como cucarachas y arañas utilizando marcadores. En dos versiones posteriores, se desarrolló el sistema eliminando los marcadores, (Juan, Joele, Baños, Botella, Alcañiz, & van der Mast, 2006b) y mediante el uso de un HDM (Juan, Alcañiz, Calatrava, Zaragoza, Baños, & Botella, 2007) (Figura A.34). Con ambos sistemas se pretende una inmersión mayor del paciente en el entorno real. Otros sistemas desarrollados por el equipo de LabHuman en este campo, ha sido el tratamiento de fobia a las alturas (Juan, Baños, Botella, Pérez, Alcañiz, & Montserrat, 2006a), y fobias a volar en avión (Pérez, Juan, Alcañiz, Baños, & Botella, 2007).

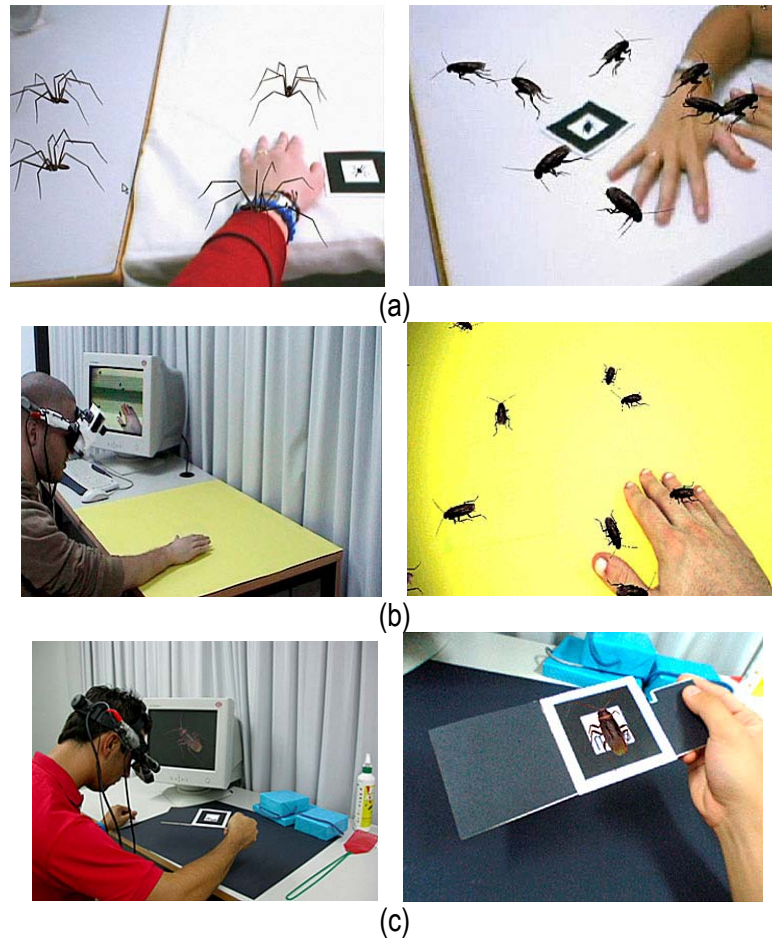


Fig A.34 Tratamiento de fobias: a) Primer sistema de RA para tratar fobias a insectos; b) Sistema de RA sin marcas; c) Sistema de RA mediante HMD. Desarrollados en LabHuman

En el ámbito del entrenamiento de habilidades espaciales Koenig, Crucian, Dalrymple-Alford, & Dünser (2009), proponen un entrenamiento mediante una aplicación de realidad virtual para rehabilitación de dichas habilidades en pacientes que han causado daños cerebrales. Este entrenamiento y evaluación de la habilidad espacial se propone para realizar en el proceso post-hospitalario.

- **Investigación.** Las posibilidades que ofrece la tecnología RA son insospechables. La propuesta de Park, Moon, & Lee (2009) es crear dispositivos móviles virtuales

utilizando RA. Sin necesidad de tener una videoconsola física o un lector de MP3 podemos disfrutar de las mismas prestaciones pero desde una visión virtual.



Fig A.35 Prototipos de dispositivos móviles implementados en RA. En (a) y (b) marcas fiduciales y modelos aumentados, arriba, visualización en monitor de un prototipo de consola multimedia. (en Park et al, 2009)

- **Arqueología.** En una visita a un campo arqueológico podríamos ver, con ayuda de un teléfono móvil con cámara o dispositivo móvil de similares características, la reconstrucción arqueológica de la zona (Benko, Ishak, & Feiner, 2004). El Halden Virtual Reality Centre, perteneciente al Institute for Energy Technology (IFE), de Noruega, en colaboración con la Escuela de Arquitectura de Oslo (AHO) y la Universidad Japonesa de Kyoto, han desarrollado un sistema de Realidad Aumentada basado en marcadores, que permite superponer modelos de edificios virtuales a la realidad y así reconstruir virtualmente edificios antiguos¹⁵.



Fig A.36 Reconstrucción de edificio. En Institute for Energy Technology (IFE)

- **Entretenimiento.** La industrial del videojuego, tiene un gran interés en este tipo de aplicaciones, ya que en la actualidad operan en el ámbito de la realidad virtual y según los nuevos desarrollos (ver año 2007 y 2009 de capítulo 3.3) la realidad aumentada es una tecnología novedosa que puede ofrecer grandes posibilidades. En el ámbito de investigación del ocio y entretenimiento se han desarrollado varias aplicaciones, algunas de ellas en las siguientes referencias (Andersen, Kristensen, Nielsen, & Grønbæk, 2004), (Cooper, y otros, 2004), (Avery, Thomas, Velikovsky, &

¹⁵http://www.ife.no/avdelinger/visualiseringsteknologi/seksjoner/details.2005-09-6.1651107213/view?set_language=no&cl=no

Piekarsky, 2005), (Barakonyi, Prendinger, Schmalstieg, & Ishizuka, 2007), (Matyszczok, Radkowski, & Berssenbruegge, 2004), (Romero, Santiago, & Correia, 2004), (Brandt, 2006), (Lam, Chow, Yau, & Lyu, 2006), (Park, Kim, & Yoon, 2006), (Rashid, Bamford, Coulton, Edwards, & Sheible, 2006).

Cabe destacar por su atractivo, el juego de tenis de mesa aumentado (Park, Kim, & Yoon, 2006). Ha sido desarrollado utilizando las librerías ARToolKit para el registro de las acciones de los usuarios (Figura A.37).



Fig A.37 Juego Tenis de mesa mediante RA. (Park et al, 2006)

The invisible train es la primera aplicación de RA desarrollada para jugar con dispositivos en modo multi-usuario (Wagner, Pintaric, & Schmalstieg, 2004). El juego consiste en una maqueta de madera que contiene un circuito de raíles sobre los que circulan dos trenes virtuales. El usuario puede interactuar realizando cambios de vías y la velocidad de los trenes y debe evitar el choque de los trenes (ver apartado 4.1).

En un campo más comercial, la empresa *A different game*¹⁶ en junio de 2009, tiene disponible juegos para plataformas móviles con cámara web: Nintendo DSI y teléfono móvil, en los que en la pantalla además de visualizar el entorno real, aparecen objetos virtuales que se pueden manipular durante el juego¹⁷.

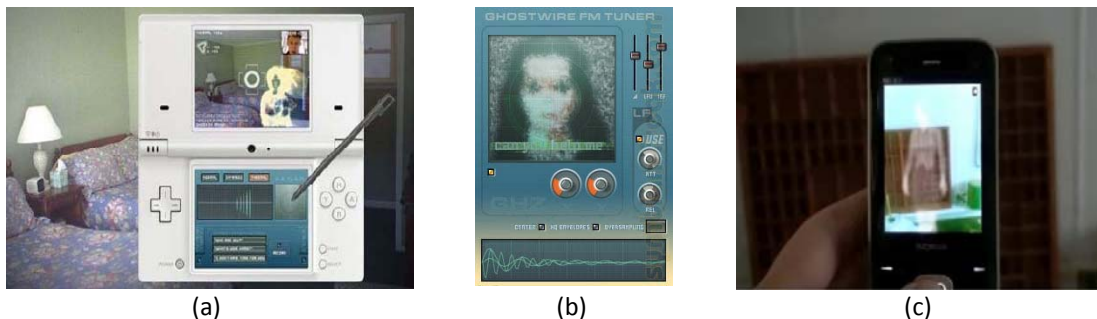


Fig A.38 Videojuego "Ghost wire", en plataforma Nintendo Dsi (a) y en teléfono móvil (b y c).

- Turismo. Otra actividad de ocio que podrían beneficiarse de la utilización de la tecnología de RA es el turismo, por ejemplo, el uso de un HDM podría incorporar información adicional en la pantalla a medida que realizamos un recorrido por una ciudad. La información puede estar relacionada con la historia del lugar, o bien podría aumentar el sitio con reconstrucciones virtuales (Stricker & Kettenbach, 2001).

¹⁶ <http://www.differentgame.org/projects/1-ghostwire>

¹⁷ <http://www.ghostwiregame.com/>

Otras aplicaciones podrían informar al viajero sobre restaurantes, hoteles, centros de ocio y culturales (Feiner, Macintyre, Höllerer, & Webster, 1997). Ver figura A.39.



Fig A.39 Pantalla teléfono móvil con información aumentada. (Feiner et al, 1997)

Un proyecto a destacar es *Life Clipper*, consiste en un aplicación de RA que se desarrolla en exteriores (Torpus, 2005) y ofrece un paseo al aire libre dónde se experimenta una experiencia audiovisual con componentes virtuales. Para esta experiencia, hace falta equiparse con un ordenador portátil y conectado a él un HUD. Con este equipo, al ir andando por un área de interés cultural, el sistema es capaz de detectar la posición y dirección del usuario mediante un GPS y añade información visual y sonora relevante a la visita del lugar en el que se encuentra. Esta información incluye fotografías, documentales, etc..



Fig A.40 Life Clipper (Torpus,2005)

Desde agosto de 2009, está disponible en España la aplicación LAYAR¹⁸ para Iphone. Consiste en una aplicación que mediante la cámara y el GPS añade una capa de información por encima de la imagen de la realidad.

- **Museos.** Al igual que en arqueología, se podría reconstruir una historia, un objeto, incorporarlo en un escenario antiguo...El museo *Allard Pierson* de Amsterdam ¹⁹ es un buen ejemplo en el uso esta tecnología, donde han dispuesto el uso de monitores giratorios que el visitante puede manipular para visualizar los objetos virtuales en los escenarios preparados para ésta tecnología. Algunos trabajos desarrollados de aplicaciones museísticas mediante tecnología de RA, se pueden consultar en (Wojciechowski, Walczak, White, & Cella, 2004), (Woods, Billingham, Aldridge, & Garri, 2004)

¹⁸ <http://layar.com>

¹⁹ <http://allardpiersonmuseum.nl/tentoonstellingen/visualisatietechnieken.html>

En julio de 2009 se presentó en la 18ª Expo IVR²⁰ (Industrial Virtual Reality *Expo* & Conference) de Tokio, la iniciativa de proporcionar al visitante del museo, unos lentes-cámara, con el fin de utilizarlo dentro del centro y en las exposiciones para visualizar los objetos virtuales en tres dimensiones.



(a) (b) (c)
Fig A.41 Visitante en museo Allard Pierson (a), Visualizador presentado en 18ª Expo IVR (b y c).

- **Cultura.** Destacamos en este apartado dos trabajos interesantes, por un lado el desarrollo de ofrecer espectáculos virtuales (Vasilakos, y otros, 2008), en los que actores y bailarines han sido capturados por múltiples cámaras y sus imágenes en 3D son tratadas de forma que pueden mostrarse como un espectáculo virtual, realizado en espacios abiertos o sobre el escritorio.

Por otro lado, el grupo de investigación ISIS, de la universidad de Málaga, desarrollan su trabajo basándose en el interés que tienen las administraciones locales por la exhibición del patrimonio histórico, ya sea en museos o en yacimientos arqueológicos abiertos al público. Las técnicas de restauración virtual mediante RA permite recuperar, fragmentos, texturas y representaciones pictóricas dañadas, o bien sustituir fragmentos perdidos por diseños virtuales acordes con la época o estilo, contribuyendo a generar una impresión realista del aspecto original de los restos arqueológicos. El trabajo de Peula, Torres, Urdiales, & Sandoval (2008), se desarrolla para difundir y dar a conocer el patrimonio histórico de una ciudad.



Fig A. 42 Reconstrucción virtual del patrimonio histórico mediante RA. (En Peula et al, 2008)

²⁰ <http://www.ivr.jp/english/>



Fig A.43 espectáculos virtuales (Vasilakos et al, 2008)

- **Publicidad y Marketing.** La realidad aumentada es atractiva y atrae la atención del usuario, por ello algunas empresas con el interés de mostrar sus productos y llamar la atención del cliente, proporciona en sus catálogos la posibilidad de ver los productos de forma aumentada y visualizarlos en 3D. Algunos ejemplos se pueden consultar en:
<http://www.magicsymbol.com/>
<http://www.realidadaumentada.info/videlogaleria.html>
<http://www.metaio.com/>
<http://www.arpa-solutions.net/>

La firma automovilística BMW, propone al usuario desde su página web²¹, una descarga de la aplicación de RA utilizada en su campaña publicitaria. El usuario puede probar la tecnología de RA, con solo imprimir una marca e instalar la aplicación.

La empresa Metaio, ha desarrollado para la juguetera danesa LEGO, un expositor donde el cliente puede ver como quedara su juguete LEGO una vez montado. Para la visualización solo es necesario colocar la caja frente al expositor, provisto de una cámara en la parte superior y la imagen se muestra en una pantalla.

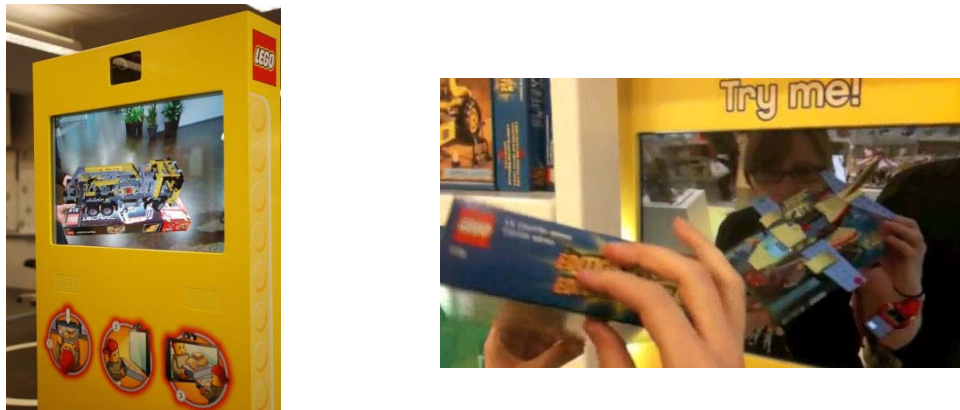


Fig A.44 Expositor de realidad aumentada de Lego.

- **Editoriales, publicaciones.** Una de las muchas aplicaciones de la realidad aumentada es multiplicar la información de un libro físico incorporándole imágenes tridimensionales a través del ordenador. Algunas editoriales han publicado libros aumentados, con objeto de ser más atractivos para el aprendizaje, con la ventaja de ver las imágenes en tres dimensiones. Este tipo de libro son conocidos bajo el nombre

²¹ www.bmw.co.uk/z43d

de MagicBook y por primera vez desarrollado por Marc Billinghurst (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001). (ver apartado 4.2)

- **Eventos y exhibiciones.** Las empresas, en los congresos y exposiciones no dejan pasar la oportunidad de utilizar la tecnología de realidad aumentada para llamar la atención de los clientes. Ofrecen con esta tecnología la posibilidad de ver en 3D cualquier objeto que de otra forma sería imposible de manipular y visualizar.

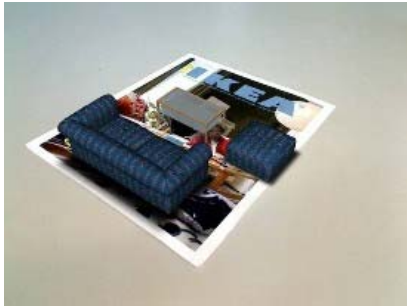


Fig A.45 Catalogo tienda muebles Ikea. Exhibición tridimensional del coche C2-Citroen.
(fuente www.ar-live.com/ise)

- **Cine.** Las técnicas de vídeo aumentado se utilizan actualmente para facilitar el montaje de efectos especiales. Algunas aplicaciones pensadas para este propósito son *RealMiz Matchmover*, *Brainstorm*, *The Pixel Farm PFTrack* y *Science-D-Visions 3d Equalizer*.

En “Virtual Worlds Research at Columbia University's Computer Graphics and User Interfaces Laboratory” desarrollan nuevas herramientas para visualizar e interactuar con el espacio real añadiendo información adicional virtual. Este laboratorio de investigación dispone de una pagina web²², con numerosa información de los proyectos que realizan y campos de aplicación de RA.

4.1. Tecnología RA con dispositivos móviles de mano.

En los últimos años la tecnología de teléfonos móviles ha experimentado un gran avance. En general la tecnología electrónica avanza a pasos agigantados. Debido a lo extendido que está el uso de los móviles y a las crecientes capacidades y versatilidad que estos presentan, la investigación del uso de tecnologías de RA en el campo de dispositivos móviles se han visto impulsadas enormemente.

Uno de los trabajos pioneros en el campo de aplicación de realidad aumentada en los dispositivos móviles es el trabajo doctoral de Daniel Wagner en 2007 (Wagner D. , 2007). Eliminando cualquier sistema de HMD, equipos informáticos pesados, GPS para obtener la posición de la cámara entre otros. Wagner ha desarrollado el software y librerías ARToolkitPlus, de realidad aumentada para ser utilizada en dispositivos móviles.

²² <http://graphics.cs.columbia.edu/top.html>

Es cierto que los resultados son poco inmersivos para el usuario, pero el objetivo que se persigue es aportar información virtual a la imagen real. Los dispositivos que se pueden utilizar son tablet PC, PDAs y teléfonos móviles. En función de la aplicación desarrollada, será conveniente utilizar uno u otro tipo de dispositivo.



Fig A.46 Uso del dispositivo móvil con RA. (Wagner,2007)

El trabajo de Wagner, tiene la particularidad de haber desarrollado el juego, “The invisible train”, en el que los usuarios pueden jugar en grupo (con el teléfono móvil) y sobre un objeto virtual, en este caso un tren que tiene movimiento. El tren virtual es dinámico y el jugador puede abrir y cerrar las vías para cambiar el recorrido del tren así como interactuar en la velocidad de los trenes.

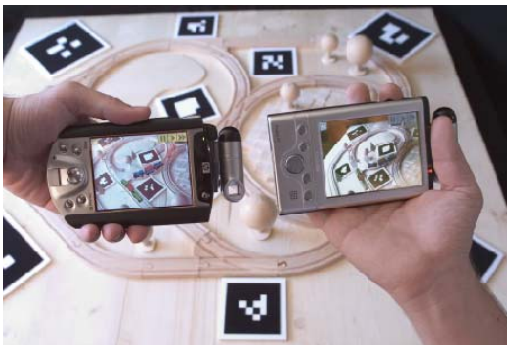


Fig A.47 The invisible train (Wagner,2007)

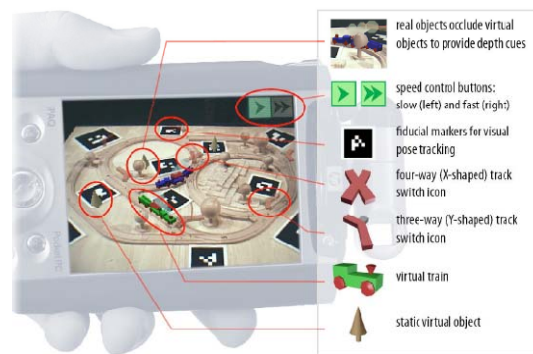


Fig A.48 Interfaz de usuario del juego “The invisible train” (Wagner,2007)

La compañía Nokia ha desarrollado un teléfono con una aplicación informática, capaz de añadir a la imagen que obtiene la cámara información adicional acerca de restaurantes, tiendas, museos... La idea que vende la compañía es disponer de una especie de mapa-navegador que superpone información virtual en la imagen real que aparece en la pantalla. Este proyecto de Nokia denominado, Mobile Augmented Reality Applications (MARA)²³.

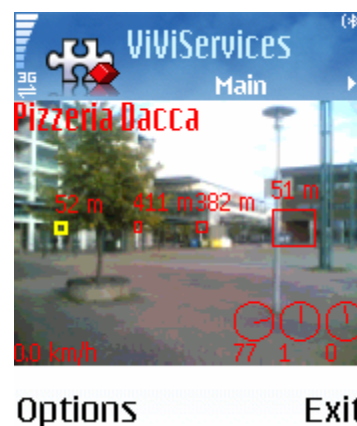


Fig A.49 Pantalla del tlf. móvil, (Proyecto MARA).

²³ <http://research.nokia.com/research/projects/mara/index.html>

4.2. Libro Aumentado. (MAGICBOOK).

Los primeros libros que mostraban el contenido aumentándolos en un entorno virtual, fueron desarrollados por Marc Billinghurst: (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001), (Billinghurst, Grasset, & Looser, 2005). El término utilizado para el libro aumentado fue MagicBook y es un ejemplo de interfaz que sirve como medio de interacción entre el libro físico y la pantalla de visualización. Durante la realización de esta tesis no teníamos conocimiento de ningún estudio realizado acerca de la eficacia, necesidad de apoyo para el aprendizaje y potencial en cuanto a criterios de aprendizaje del libro aumentado. En este trabajo doctoral hemos desarrollado un MagicBook con objeto de servir de curso para entrenar las habilidades espaciales. Una vez realizado el entrenamiento se recogieron datos de los participantes para realizar un estudio de usabilidad y satisfacción sobre la tecnología de RA y el MagicBook empleado.

Dünser & Hornecker (2007), indican que los libros aumentados permiten a los niños interactuar de manera intuitiva, y aportan beneficios educativos.

El libro aumentado tiene la posibilidad de incorporar al texto, las marcas que al ser capturadas por una cámara, podrán aumentar los objetos virtuales de forma que se incorpore información adicional y visual. La apariencia será como se muestra en la figura A.50.



Fig A.50 Libro Aumentado (MagicBook)

5. SISTEMAS DE MARCAS.

El problema fundamental del sistema de RA, es disponer en el mismo sistema de coordenadas el punto de vista del observador con la escena de la cámara.

La escena real (imagen del mundo físico) será obtenida por una videocámara que puede ser manipulada por el usuario, y la escena virtual estará en formato digital en el ordenador. Para conseguir mezclar las imágenes reales con las sintéticas, el sistema de coordenadas bidimensional de la imagen capturada por la cámara, el sistema de coordenadas tridimensional del mundo físico y el sistema de coordenadas tridimensional de mundo virtual deben coincidir.

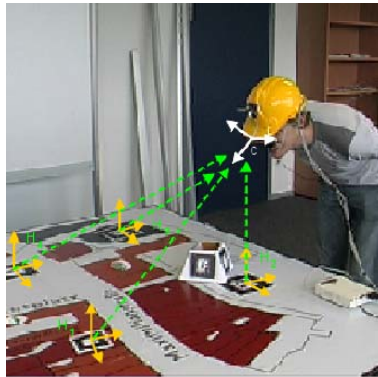


Fig A.51 Coordenadas en un sistema de RA. (Dorfmüller-Ulhaas, 2003)

Matemáticamente se consigue realizando una transformación tridimensional de coordenadas. A esto es a lo que se conoce como tracking, y en realidad aumentada se han probado distintos métodos para resolver este problema: GPS, sensores inerciales, mecánicos, magnéticos (Matyszok, Radkowski, & Berssenbruegge, 2004), (Malkawi & Srinivasan, 2005), (Teichrieb, y otros, 2007), infrarrojos y ópticos. Debido al bajo coste y reducido tamaño los sistemas ópticos están ganando terreno en el uso respecto a los demás. De los distintos tipos de sistemas ópticos, los más utilizados por su sencillez de uso, precisión y bajo coste son los sistemas de patrones de marcas planas (planar pattern marker systems), también denominados de marcas fiduciales, que resuelven el problema de la obtención de los seis parámetros de orientación (apartado 8) mediante la identificación de una sola de la marca y por una sola cámara, aplicando para ello técnicas de visión por computador.

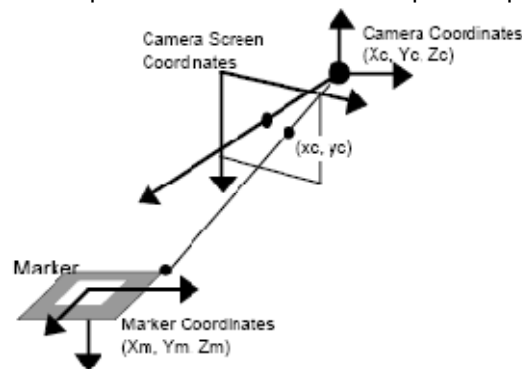


Fig A.52 Relación entre coordenadas de marca fiducial y coordenadas de la cámara estimadas por análisis de imagen (Kato & Billinghurst, 1999).

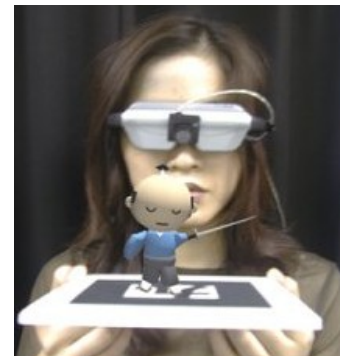
Conocida la relación de transformación entre el sistema de coordenadas del mundo y el sistema de la cámara se puede configurar una cámara virtual que pueda insertar objetos tridimensionales en la escena real.

Previo a la resolución de la transformación del sistema de coordenadas, la cámara debe ser calibrada, de forma que en este proceso se obtendrán la distancia principal (distancia focal), coordenadas planas del centro de proyección y parámetros de distorsión. Con ellos se conocerán las coordenadas imagen, con la cuales se realizará la relación de transformación de coordenadas.

ARToolKit, ARTag, MXRtoolkit, OSGART entre otros, son sistemas que permiten la detección de marcas. Estos sistemas disponen de una serie de librerías que utilizan las técnicas de visión por ordenador para realizar el posicionamiento, a la vez que permiten la creación de aplicaciones de RA. Estas librerías tienen una licencia de tipo GPL (GNU General Public License), lo que permite su uso libre con fines no comerciales. Este hecho, unido a los mínimos requerimientos de elementos físicos (una cámara Web y las marcas), a parte del ordenador, hace que estos sistemas sean unos de los más económicos, inmediatos y flexibles, y por ello cobran gran importancia en los estudios de investigación (Wagner D. , 2007a).

¿Cómo funciona la representación por el sistema de marcas?

Para visualizar los modelos, se utilizan marcas de forma cuadrada, que se componen de un cuadrado negro con un cuadrado blanco más pequeño en su centro, y un pequeño dibujo negro en el interior del cuadrado blanco. El software, utilizando sus funciones y utilidades (técnicas de visión por ordenador) será capaz de detectar la marca en las imágenes capturadas por el video.



Una vez capturada una marca en una imagen por la cámara, la aplicación estudia la orientación, posición y tamaño de la marca, siendo capaz de calcular la posición y orientación relativa de la cámara respecto a la marca, y usando esta información procede a dibujar el objeto correspondiente sobre la imagen capturada mediante librerías externas, de modo que el objeto aparezca sobre la marca en la posición, orientación y tamaño correspondiente al punto de vista de la cámara, siempre que el programador de la aplicación así lo haya decidido.

El funcionamiento básico de una aplicación RA es:

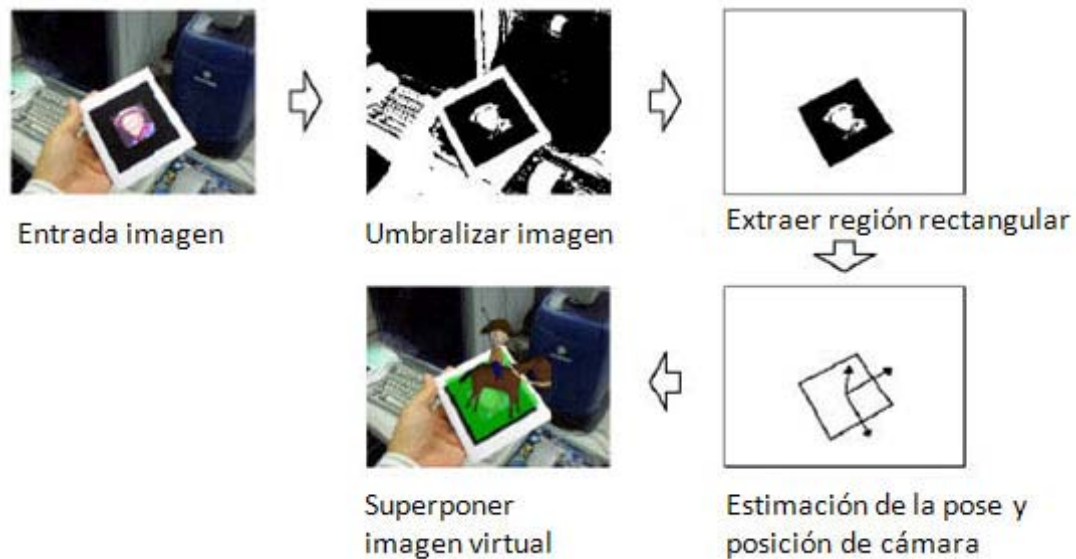


Fig A. 53 Sistema de reconocimiento de imagen en RA. (Kenji, Hirokazu, & Keihachiro, 2000)

- Primero se captura un fotograma del mundo real mediante la cámara.
- A continuación la imagen se umbraliza con cierto valor de umbral (threshold), de forma que los píxeles cuya intensidad supere el valor del umbral son transformados en píxeles de color negro. El resto se transforman en píxeles blancos.
- Se buscan y encuentran todos los marcos negros como los de la marca existentes en la imagen (al umbralizar la imagen el marco aparece blanco y el cuadrado blanco aparece negro).
- Se compara el interior del marco con las marcas que se tiene información almacenada.
- Si la forma de la marca analizada y la marca a almacenada coincide, se utiliza la información de tamaño y orientación de la marca almacenada para compararla con la marca que se ha detectado y así poder calcular la posición y orientación relativas de la cámara a la marca, y se guarda en una matriz.
- Se utiliza esta matriz para establecer la posición y orientación de la cámara virtual (transformación de la vista), lo que equivale a una transformación de las coordenadas del objeto a dibujar.
- Al haber puesto la cámara virtual en la misma posición y orientación que la cámara real, el objeto virtual se dibuja sobre la marca, se renderiza y se muestra la imagen resultante, que contiene la imagen del mundo real y el objeto virtual superpuesto, alineado sobre la marca.
- Se realiza el mismo proceso con los siguientes fotogramas.

En la figura A.54 se expone de forma gráfica, a partir de imagen de la marca que detecta la cámara, realiza el seguimiento del patrón, relaciona con la imagen virtual y aumenta los objetos virtuales. Una de las tareas fundamentales a realizar en este proceso es calcular la transformación entre las coordenadas de la marca y de la cámara. Este cálculo se realiza continuamente en tiempo real.

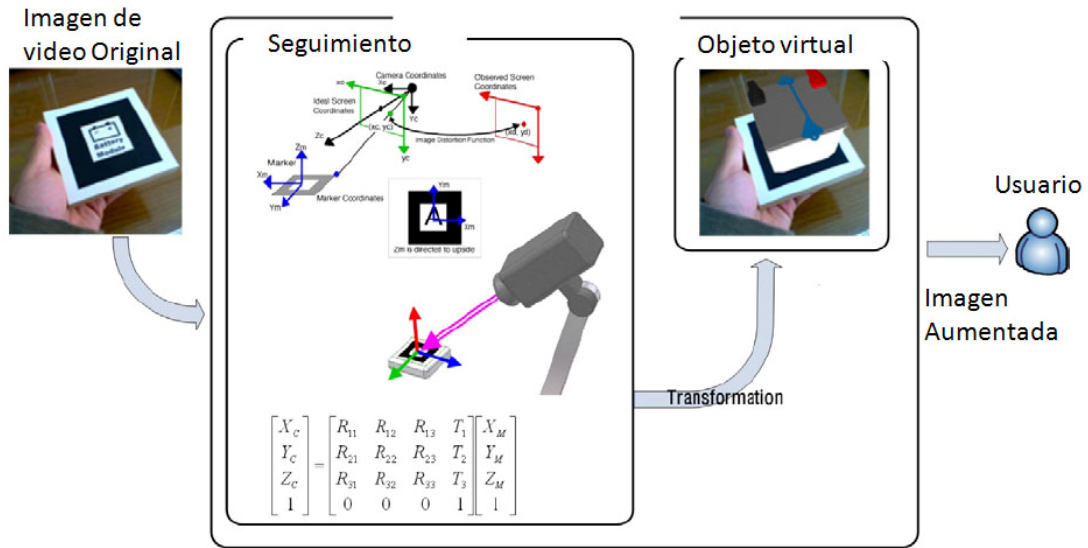


Fig A.54 Imagen original - Seguimiento de imagen - Objeto aumentado. (Lee, Seo, & Rhee, 2008)

6. DISPLAYS VISUALES.

Los displays visuales son los dispositivos que van a permitir al usuario visualizar la imagen. En RA, se han utilizado numerosos tipos de displays, en este trabajo haremos una exposición de los más utilizados. En función de la portabilidad del display con el usuario, consideramos:

- Displays para la cabeza. (HDM y Display retiniano)
- Displays de mano. (PDAs, ordenador portátil, teléfono móvil...)
- Displays externos. (Monitor, proyector)

En la figura A.55 podemos ver una representación de las varias configuraciones de cómo el usuario puede recibir las imágenes en distintos displays visuales bajo el sistema de RA.

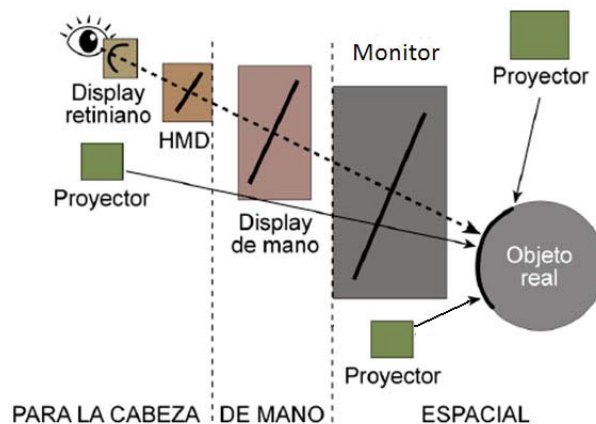


Fig A.55. Configuración de sistemas de salida de imágenes en sistemas de RA (Bimber & Raskar, 2005).

Los displays retinianos o displays para la cabeza (head mounted displays – HMD) tienen que ser portados por los usuarios en la cabeza, a modo de casco o gafas. Los displays de mano (handheld) como su nombre indica son llevados en mano (Teléfono móvil, PDAs, Pc- portátil...).

6.1. Monitor y proyector.

Un ordenador procesa las imágenes reales y virtuales para sintetizarlas y puede dar salida a las imágenes aumentadas a través del monitor del ordenador, o de la proyección de imágenes si tiene conectado un proyector.

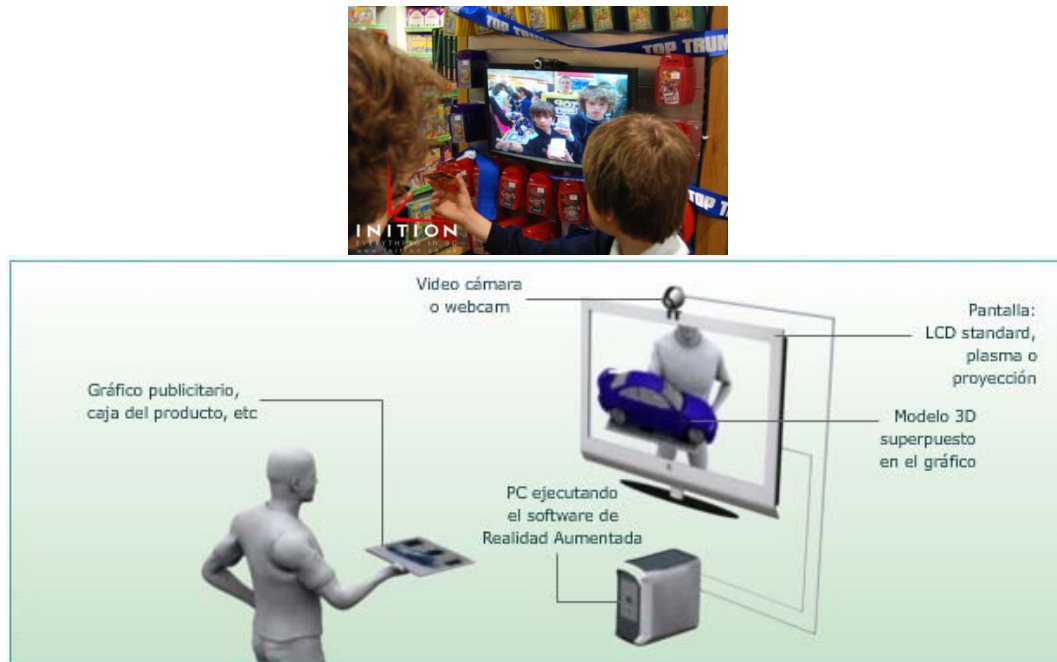


Fig A.56. Imagen aumentada en monitor-pantalla (arriba). Esquema de configuración del sistema (abajo).
Obtenido en www.metaio.com

6.2. HDM y HUD

Los displays para la cabeza, (Head-mounted displays, HMD), se colocan sobre la cabeza del usuario, de forma que las mini pantallas queden a la altura de los ojos, como si de unas gafas se tratara. El HMD dispone de unas pantallas sobre las que se proyecta el video que es captado por la cámara. El usuario solamente verá lo que se proyecta en las pantallas que tiene frente a sus ojos. La cámara estará situada lo mas cercana a los ojos, para que la imagen que se capte sea lo más parecida a la que captaría el ojo.

Una variante de los HDM son los llamados HDM ópticos también conocidos como Head-Up display (HUD). Estos dispositivos, permiten ver la escena real que hay detrás de la pantalla, ya que esta pantalla es transparente. Sobre la pantalla se proyecta videos de forma que el usuario los observa superpuestos a la escena real.

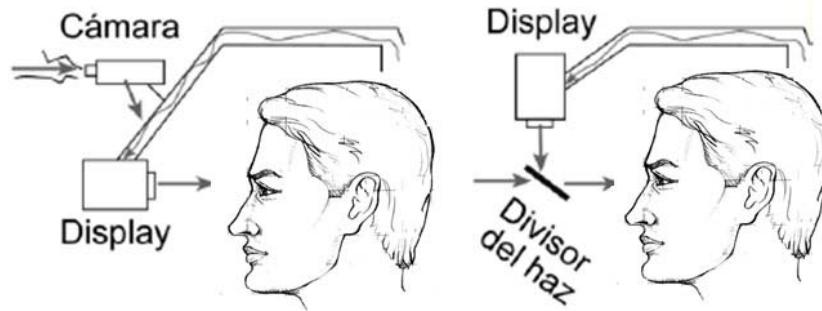


Fig A.57 Configuración de sistema HMD y HUD para RA.

Los HMD, son utilizados en Realidad Virtual, y por herencia, es común su uso en aplicaciones de RA (Auer & Pinz, 1999), (Kato & Billinghurst, 1999), (Kiyokawa, Takemura, & Yokoya, 2000), (Wanschitz, y otros, 2002), (Avery, Thomas, Velikovskiy, & Piekarsky, 2005), (Malkawi & Srinivasan, 2005), (Szalavári & Gervautz, 1997), (Fuhrmann, Löffelmann, Schmalstieg, & Gervautz, 1998), (Höllerer, Feiner, Terauchi, Rashid, & Hallaway, 1999), (Höllerer, y otros, 2001), (Cheok, Fong, Goh, Yang, Liu, & Farzbiz, 2003), (Cheok, y otros, 2004) (Bekel, Heidemann, & Ritter, 2005), (Teichrieb, y otros, 2007) .

La firma Trivisio²⁴ ofrece HMD (de vídeo y ópticos) con cámaras integradas. En dispositivos HDM ofrecen la posibilidad de visión monoscópica o estereoscópica, disponiendo una o dos cámaras a la altura de los ojos.

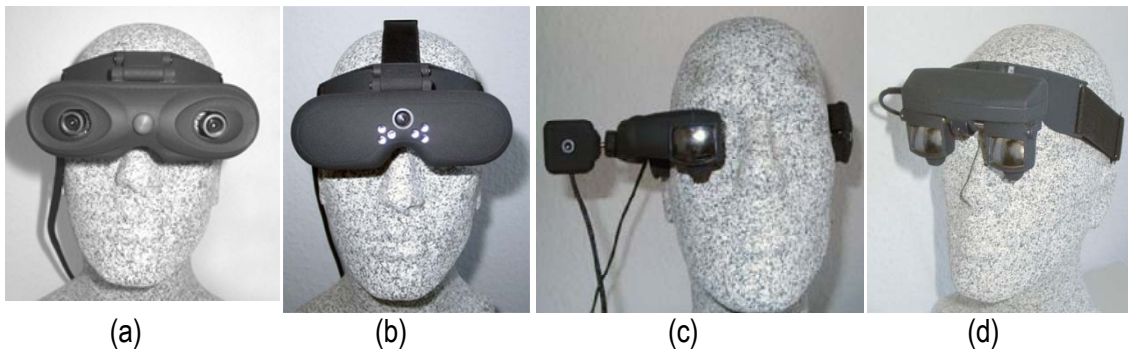


Fig A.58 HMD estereoscópico y monoscópico (a y b), HUD monoscópico y estereoscópico (c y d).

Los dispositivo HUD en RA, son aconsejables para ser utilizados en tareas de mantenimiento y campos de aplicación de medicina entre otros. La configuración de estos dispositivos en realidad aumentada, es el que se muestra a modo genérico en la imagen de figura A.59. Las imágenes de cada una de las cámaras se envían a la unidad central del HMD (PowerUnit), de forma que envía las señales de video al ordenador. En el caso de trabajar en estereoscopia, en el ordenador tendremos dos imágenes virtuales estereoscópicas. El ordenador hace las operaciones de transformación de coordenadas para hacer corresponder la imagen real con la imagen virtual, y las envía a la unidad central del HMD y desde aquí proyectarlas en la pantalla de HMD que será visualizada por el usuario. En caso de disponer de una sola cámara, el proceso es igual, pero con procesamiento de una sola señal de video.

²⁴ www.trivisio.com

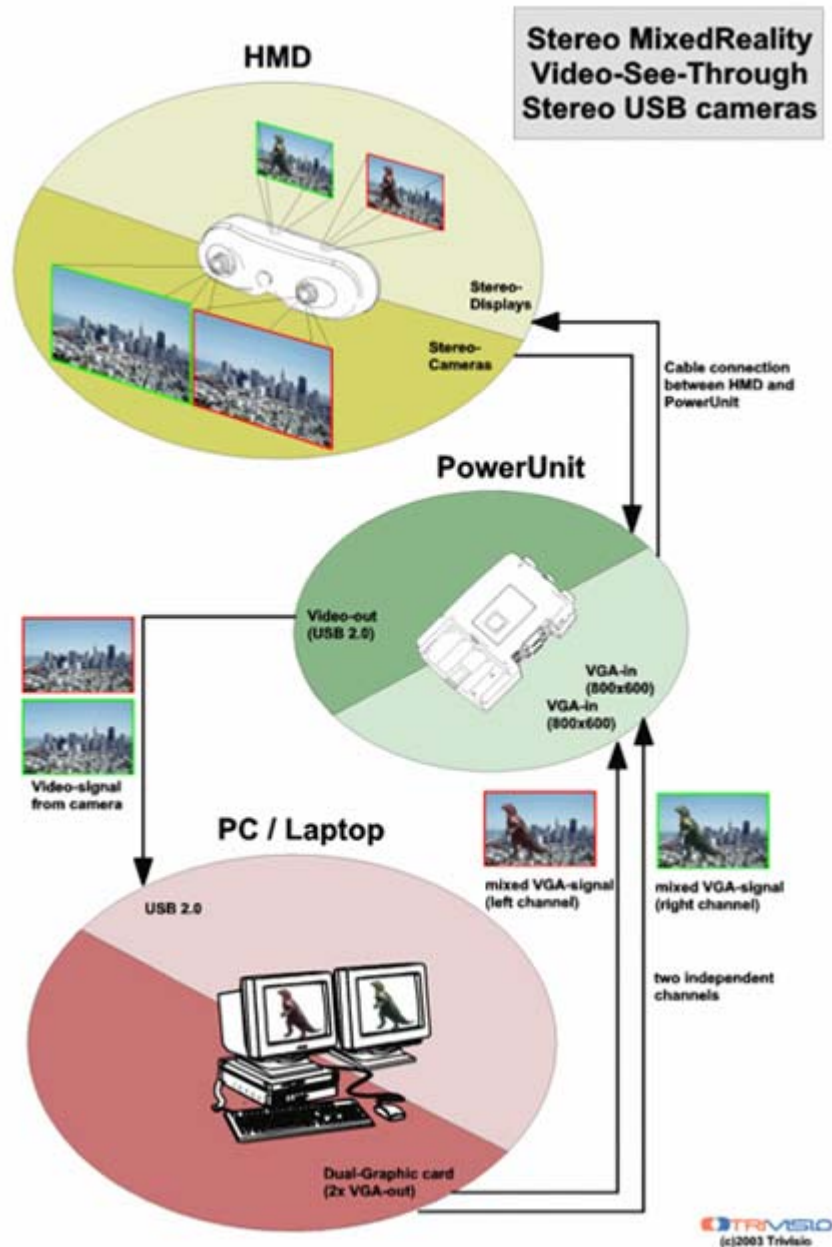


Fig A.59 Ejemplo de configuración de HMD estereoscópico para Realidad Aumentada. (En www.trivisio.com)

6.3. Dispositivos de mano. HHD

Los dispositivos móviles tipo PDAs, smartphones y teléfonos móviles son parte de nuestra vida cotidiana. Se han implantado en nuestra sociedad con una gran rapidez de forma que prácticamente todas las personas disponen al menos de un teléfono móvil. Los usuarios utilizan estos dispositivos como herramientas de trabajo, comunicación y como dispositivos de ocio y entretenimiento, lo cual ha impulsado el interés tanto desde el punto de vista comercial como científico para buscarles nuevas aplicaciones y mayor versatilidad.

La integración de una cámara de video en estos dispositivos, ha impulsado el desarrollo de aplicaciones y desarrollo de proyectos de realidad aumentada integrados en este tipo de dispositivos.

Se define realidad aumentada de mano, a la configuración en la que el usuario tiene el dispositivo móvil de manera activa en la mano. Este tipo de configuración es distinta a la utilizada con gafas HDM, donde el usuario tiene las manos libres. Un teléfono móvil, que soporta aplicaciones de RA permite a los usuarios utilizar su teléfono como un dispositivo de interacción de RA.

Cada uno de los dispositivos tiene unas características únicas:

- El tablet PC permite la creación de aplicaciones potentes y de alta precisión con gran capacidad de procesamiento de información. Estos equipos son móviles pero con restricciones en cuanto a peso, tamaño y duración de baterías.
- Las PDAs actualmente también tienen las capacidades de un teléfono móvil. Tienen mayores ventajas con respecto a los teléfonos móviles ya que tienen pantallas más grandes y táctiles.
- Los teléfonos móviles son la clase de dispositivo más pequeño y tienen resolución de pantalla similar a las PDAs, tienen pantallas más pequeñas y a menudo no están equipados de pantalla táctil, y por supuesto menor potencia de procesamiento de datos.
- La nueva generación de teléfonos móviles del tipo iPhone, (cada vez más común su uso) con pantallas más grandes, táctiles, y con sistemas operativos más potentes permiten ampliar las posibilidades de aplicaciones de RA para estos dispositivos.



Un factor importante es que se trata de un dispositivo muy extendido y el desarrollo de aplicaciones RA para aumentar la información utilizando los teléfonos móviles puede suponer una nueva forma de manejar la información. El costo de estos dispositivos es de entre 200€ y 600€, además la mayoría de las personas hoy día dispone de teléfonos móviles que son capaces de soportar aplicaciones de RA.

6.4. Tecnologías en desarrollo.

La RA se lleva implementando en sistemas experimentales desde hace tiempo y como consecuencia de los avances en la electrónica, el hardware y las posibilidades que ofrece, la investigación asociada a la tecnología de RA se ha visto impulsada enormemente. Por ello

que en la actualidad se estén desarrollando interesantes proyectos que utilizan ésta tecnología:

MARISIL²⁵: Este proyecto forma parte del trabajo doctoral de Peter Antoniac (Antoniac, 2005) y presenta lo que podría ser la próxima generación de interfaces de dispositivos móviles (tanto teléfonos como computadoras). El sistema (todavía en proceso de desarrollo) basa su existencia en la desaparición de los dispositivos de entrada tradicionales, a los que sustituye por una interfaz virtualizada que la persona visualiza en su mano, o en otra superficie, y con la que interactúa tocando la superficie real sobre la que se proyecta esta interfaz virtual.



Fig A.60 Interfaces virtuales. Arriba proyecto MARISIL. Abajo teclado virtual.

Smart Goggles: Esta invención, de un equipo de científicos japoneses liderados por Yasuo Kuniyoshi²⁶ (Universidad de Tokio), tiene la capacidad de recordar al usuario qué ha hecho con los objetos que no encuentra, sirve para encontrar cosas perdidas. Se trata de unas gafas "inteligentes", diseñadas para monitorizar las actividades que realizamos y servirnos de asistencia en situaciones como la pérdida de objetos. Al solicitar la búsqueda de un elemento que haya sido grabado por la cámara, se proyectara en la pantalla de las gafas, un vídeo de la última vez que la viste (y, por tanto, la última vez que las gafas la vieron). Smart Goggle tiene una cámara que graba todo lo que ve el usuario y detecta y graba objetos que puedan extraviarse, con un simple escaneo. El software es extraordinariamente complejo incluso es considerado por algunos uno de los sistemas más avanzados en reconocimiento y aprendizaje.



Fig A.61 Smart Goggles

²⁵ <http://herkules oulu.fi/isbn9514276965/isbn9514276965.pdf> (Consultado Nov. 2009)

²⁶ <http://www.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/en/member.html> (Consultado Nov. 2009)

Retinal Image Display (gafas RID): La empresa japonesa, *Brother Industries*²⁷, ha creado unas gafas RID capaces de hacer proyectar información sobre la imagen real. El prototipo envía una luz sobre la retina que, a altas velocidades, genera imágenes frente al usuario. El inconveniente es la necesidad de llevar un ordenador portátil conectado a las gafas. Por el momento, las gafas RID no se encuentran a la venta, se trata de un prototipo.

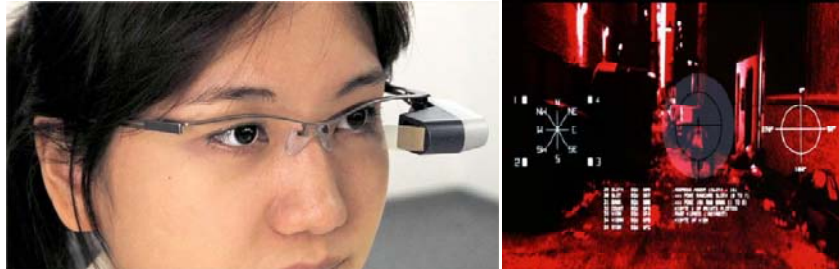


Fig A.62 Retinal image Display (RID)

Además de estos proyectos que ya tienen forma de prototipos, otros están en fases preliminares y nos dan idea de lo que se puede alcanzar con esta tecnología.

Lentes de contacto con RA: Ingenieros del laboratorio *Parviz Research Group*²⁸ de la universidad de Washington, encabezados por el investigador *Babak Parviz*, han utilizado técnicas de fabricación a escalas microscópicas para combinar de una forma flexible y biológicamente segura lentes de contacto con un circuito electrónico impreso (Saeedi, Kim, & Parviz, 2008), (Kim, Lingley, Saeedi, Ho, & Parviz, 2008). El objetivo del proyecto es desarrollar micro-mecanismos que permitan la aumentación²⁹. Este puede ser el inicio de obtener lentes que proyecten imágenes como si de un monitor se tratara, es decir cabe la posibilidad de llevar la imagen virtual directamente a la visión, de esta forma conseguiríamos de una forma más natural la incorporación de la información virtual en el entorno real.

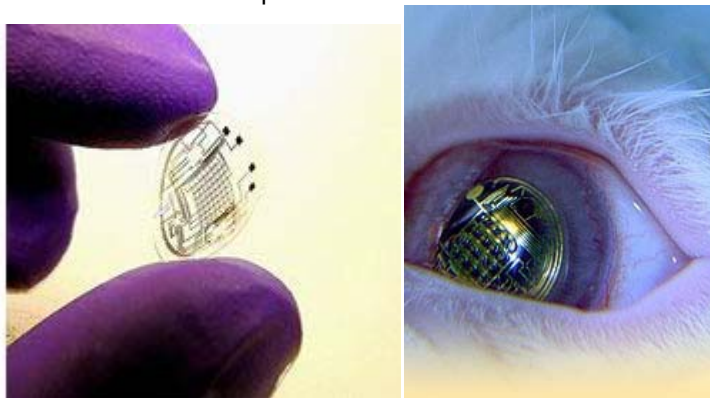


Fig A.63 Integración de mecanismos electrónicos en Lentes de contacto.

Tanto los proyectos ya existentes como los que están en desarrollo o las meras ideas acerca de posibles sistemas de RA, son muy interesantes y plantean numerosas posibilidades.

²⁷ <http://www.brother.com/en/news/2008/rid/>

²⁸ <http://www.ee.washington.edu/research/parviz/html/>

²⁹ http://www.engr.washington.edu/facresearch/highlights/ee_contactlens.html

Además, demuestran que la RA es una tecnología con un potencial sobresaliente y que, muy seguramente, jugará un papel muy importante en nuestra vida cotidiana en un futuro no muy lejano. Además, las interfaces diseñadas con Realidad Aumentada se muestran como compañeras ideales de los Sistemas Inteligentes. (Parsons, Alberti, Amato, & Olivan, 2008).

7. SOFTWARE BASADO EN MARCAS FIDUCALES.

Se exponen algunos de los programas y librerías más extendidos entre los usuarios, para la elaboración de aplicaciones de RA en el ámbito de la investigación por su carácter de software libre. Somos conscientes que no aparecen en este listado todos los que son, pero si una gran representación de ellos.

7.1. ARToolkit.

ARToolKit³⁰ ha sido desarrollado en *The Human Interface Technology Laboratory* (HITLab, 2006) por Hirokazu Kato and Mark Billinghurst. Los investigadores de este laboratorio representan a una amplia gama de departamentos de la Universidad de Washington (ingeniería, medicina, educación, psicología, arquitectura, diseño, etc...). Además HITLab, está asociado a los laboratorios HITLab au en Australia y HITLab nz en Nueva Zelanda.

El software ARToolkit consta de un conjunto de librerías desarrolladas en C y C++ y permite desarrollar aplicaciones de RA utilizando técnicas de visión por computador para el cálculo de la orientación de la cámara con respecto a una serie de marcas que tienen unas características específicas, de forma que permiten que se superpongan a ellas objetos virtuales.

ARToolKit se distribuye gratuitamente bajo licencia GPL para su uso no comercial por ello que sea la librería de código abierto, mas extendida para el su uso en aplicaciones de realidad aumentada. Una aplicación de RA, programada con librerías de ARToolKit, debe realizarse según este esquema:

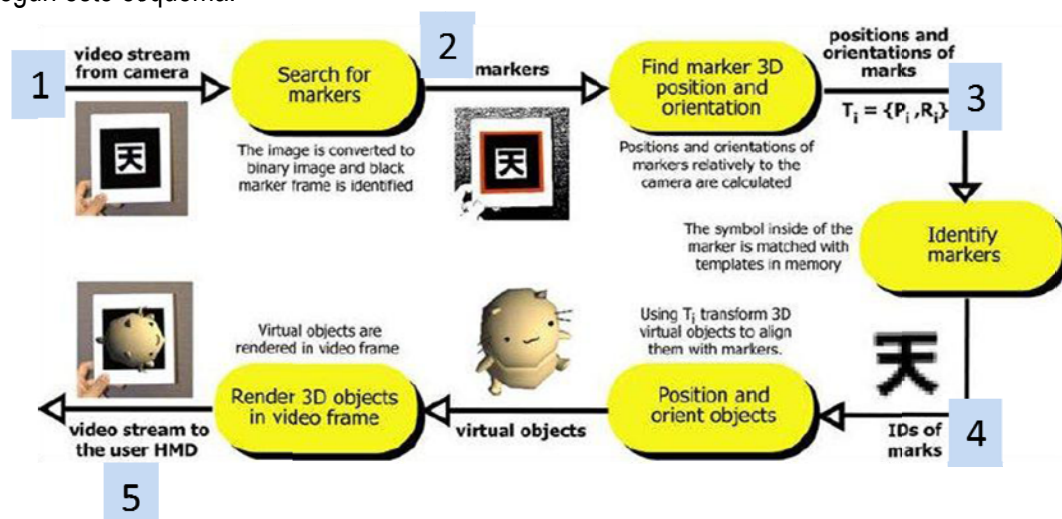


Fig A.64 Esquema de proceso de trabajo para crear aplicaciones con ARToolkit.

³⁰ <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

- Inicializar la captura de video, leer los archivos de las marcas y archivo con los parámetros de la cámara.
- Seleccionar un fotograma impreso y mostrarlo a la entrada de vídeo.
- Detectar las marcas y realizar la tarea de reconocimiento de patrones en el fotograma de entrada del vídeo.
- Si la marca es reconocida, calcular las coordenadas de transformación de la cámara con respecto a las marcas detectadas.
- Dibujar los objetos virtuales sobre los patrones detectados.

7.2. ArTag .

ArTag (Fiala, 2005) es un software de visión por ordenador desarrollado por Dr. Mark Fiala, en el National Research Council of Canadá (NRC). Esta aplicación utiliza el sistema de marcas para unir elementos virtuales en la imagen real, la librería dispone de 2002 marcas fiduciales. Las marcas están formadas por cuadrados blancos y negros al igual que Artoolkit, pero en este caso, el interior de la marca, está formada por una rejilla de 10 x10, de forma que cada celda puede tener un color blanco o negro. El borde cuadrado de la marca en ambos sistemas (ARTag y ARToolKit) permite el cálculo de los seis parámetros de orientación de la marca con respecto a la cámara a partir del registro de los cuatro puntos. El procesado de la marca en el interior de la marca en Artoolkit se realiza mediante correlaciones y en ARTag, se analiza el interior realizando un muestreo para establecer valores digitales (0 – 1) para cada elemento de la rejilla. De modo que la diferencia es el sistema de creación de marcas y la técnica de reconocimiento. Esta técnica de reconocimiento, permite que aunque parte de la marca esté oculta, pueda ser reconocido el patrón.

7.3. OSGART.

OSGART (Grasset, Looser, & Billingham, 2005), (HITLab NZ, 2006) es una librería que simplifica el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada, combinando la conocida biblioteca con ARToolKit con el motor gráfico OpenSceneGraph. OSGART puede considerarse una mejora de ARToolkit, ya que se cambia el motor gráfico OpenGL por OpenSceneGraph, lo que incrementa la calidad de los gráficos tridimensionales generados por ordenador siendo visualmente equiparables a los gráficos de videojuegos. Dispone de 3 funciones principales: la integración de entrada de video de alta calidad, el registro espacial (marcador basado en múltiples seguimiento), y el registro fotométrico (se mejora el efecto sombra y ocultación parcial de las marcas). La versión básica de estas librerías también es libre (licencia GPL)³¹, pudiéndose utilizar con fines académicos y de investigación.

7.4. AMIRE.

AMIRE fue un proyecto patrocinado por la Unión Europea (EU) y desarrollado entre 2002 y 2004. AMIRE es un software de libre distribución basado en las librerías ARToolKit, y que permite la creación y modificación de aplicaciones de realidad aumentada de manera sencilla, sin la necesidad de programación (AMIRE, 2004).

³¹ http://www.artoolworks.com/osgART_-_Home.html

7.5. Studierstube.

Studierstube³² es una librería que utiliza técnicas de visión por ordenador para la detección y estimación de marcas fiduciales. Esta librería es un sucesor de la biblioteca ARToolKitPlus (Wagner & Schmalstieg, 2007b) que a su vez estaba basada en ARToolKit. Su concepción es muy similar a ARToolKit, ARToolKitPlus y ARTag, pero su código es completamente diferente. Studierstube no comparte ninguna de las librerías de ARToolKit, y consta de dos versiones:

- Studierstube Tracker (Wagner D. , 2007c). Contiene librerías para la detección y determinación de la orientación externa a partir de las marcas (matriz de transformación de coordenadas).
- Studierstube ES (Wagner D. , 2007d). Es una adaptación de las librerías anteriores para que funcionen en dispositivos móviles, PDAs y teléfonos móviles.

Una de las aplicaciones más conocidas desarrollada con estas librerías es Invisible Train (apartado 4.1).

7.6. BuildAR.

BuildAR es un software que permite crear escenas simples de realidad aumentada. Se trata de una aplicación de muy fácil uso. El usuario puede crear sus propias marcas, para lo cual se proporciona un generador de marcas, en el que el marco exterior (negro) es fijo, para poder realizar la orientación, pero en el interior del marco, se puede introducir el gráfico que el usuario quiera. De forma muy simple se asocia la marca a un modelo 3D, e incluso a una animación. Con ello la aplicación de RA está creada, no queda más que poner la marca delante de la cámara y la aplicación muestra en pantalla el objeto virtual. Build AR ha sido desarrollada por HITLab NZ³³ con objeto de proporcionar una interfaz gráfica al usuario, que simplifica el proceso de realización de aplicaciones RA sin necesidad de una librería de marcas. Esta aplicación es de libre uso.



Fig A.65 Aplicación BuildAR desarrollada por HITLab

³² http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/stbtracker.php

³³ <http://www.hitlabnz.org/wiki/BuildAR>

7.7. MXRtoolKit.

MXRToolKit es una aplicación con una librería de rutinas enfocada a la construcción de aplicaciones de RA. El software tiene una interfaz sencilla con funciones y estructuras orientadas a la fácil comprensión por parte del usuario de modo que no sea necesario ningún conocimiento de programación. Por ejemplo, la herramienta *Object Alignment Tool* (Mixed_Reality_Lab, 2003b) permite situar visualmente y de forma sencilla los objetos virtuales con respecto a las marcas, mientras que la herramienta *Camera Calibration Tool* (Mixed_Reality_Lab, 2003a) está dotada de una interfaz amigable que permite realizar la calibración de la cámara. Con este software además de relacionar las marcas con modelos 3D (VRML, LWO, MD2, OBJ, ASE, MS3D, 3DS) también se pueden relacionar con archivos de vídeo (AVI, MPG), audio (WAV, MIDI) o imágenes (JPG, BMP, TGA). En la página web³⁴, están disponibles los manuales de instalación, funcionamiento y desarrollo de aplicaciones propias de RA.

7.8. HUMANAR.

En esta tesis, se ha desarrollado la aplicación AR-Dehaes basada en tecnología de Realidad Aumentada y realizada en colaboración con Human Centered Technology – LabHuman, centro de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia. LabHuman ha desarrollado la librería HUMANAR con el fin de garantizar la integración de RA en todas las aplicaciones que desarrollan en el centro de LabHuman y de superar algunos inconvenientes y deficiencias que muestran algunas de las bibliotecas públicas.

Aunque podríamos haber utilizado alguna de las bibliotecas públicas, con capacidades para crear aplicaciones de RA, decidimos contar con la experiencia de LabHuman, y la librería HUMANAR para garantizar una aplicación fiable en el ámbito de las habilidades espaciales. Esta biblioteca utiliza técnicas de visión por computadora para calcular el verdadero punto de vista de cámara en relación con un mundo real marcador. (Desarrollada en capítulo 4 – apartado 4.4.2).

8. PARÁMETROS MATEMÁTICOS

8.1. Geometría de la cámara

La cámara es el dispositivo encargado de capturar escenas tridimensionales y proyectarlas en un plano. Matemáticamente, una cámara puede modelarse como una función de transformación que convierte puntos 3D a 2D. Este apartado presenta el modelo *pinhole o modelo ideal*, que es el más apropiado para trabajar con cámaras digitales comunes, aunque no es el único existente. Para formar el modelo pinhole, se considera un centro de proyección en el espacio y un plano situado a una distancia f del centro de proyección. A este plano se le conoce como plano focal o plano de la imagen. La proyección que generará esta cámara, será la intersección entre el plano de la imagen y la línea que une el punto a proyectar con el centro de proyección (Fig A.66).

³⁴ <http://mxrtoolkit.sourceforge.net/> <http://www.mixedreality.nus.edu.sg/>

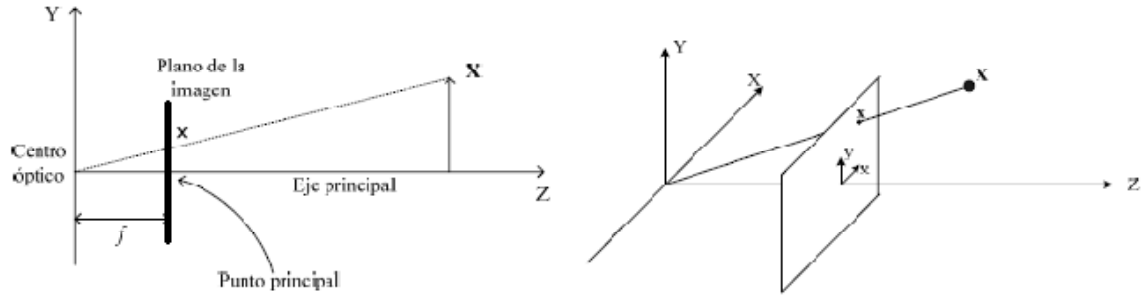


Fig A.66 Geometría de la cámara

Mediante triángulos semejantes pueden deducirse las funciones que modelan este sistema de proyección:

$$(X, Y, Z)^T \rightarrow \left(f \frac{X}{Z}, f \frac{Y}{Z} \right)^T \quad (\text{A.1})$$

Esta función transforma puntos del espacio euclídeo tridimensional R^3 al espacio euclídeo bidimensional R^2 . Al centro de proyección se le llama centro óptico, a la línea perpendicular al plano de la imagen y que pasa por el centro óptico se le conoce como eje principal, y el punto de intersección entre el eje principal y el plano de la imagen se conoce como punto principal. El plano que pasa por el centro óptico y es paralelo al plano de la imagen se conoce como plano principal.

Si se representan los puntos de la escena y de la imagen mediante vectores homogéneos, entonces el modelo de la cámara puede expresarse mediante una transformación lineal entre sus coordenadas homogéneas. Esto permite expresar el modelo como producto de matrices, obteniendo el siguiente sistema:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} fX \\ fY \\ Z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.2})$$

Siendo $(x, y)^T$ las coordenadas del punto en el plano de la imagen. La relación de equivalencia \sim indica que los puntos $(x, y, 1)^T$ y $(fX, fY, Z)^T$ son iguales en el espacio proyectivo, es decir existe un escalar λ tal que $\lambda(x, y, 1) = (fX, fY, Z)$. Por lo tanto:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} fX \\ fY \\ Z \end{pmatrix} \sim \begin{bmatrix} f \frac{X}{Z} \\ f \frac{Y}{Z} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.3})$$

Este modelo es válido para la cámara ideal (pinhole) y no tiene en cuenta factores que influyen en la cámara real como las imperfecciones de la fabricación del sensor y de la lente.

Los defectos que puede presentar una cámara son:

- El eje principal no interseca con el plano de la imagen en su centro.
- Los pixeles no son perfectamente cuadrados.
- La lente distorsiona las imágenes.

En primer lugar se asume que el sistema de coordenadas del plano de la imagen está centrado en el punto principal. Sin embargo en la práctica esto no es siempre así. La imagen que se obtiene de una cámara digital tiene el origen centrado en una de sus esquinas como puede verse en la figura A.67.

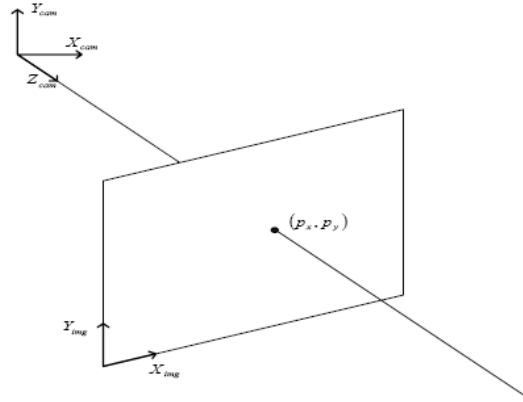


Fig A.67 Sistema de coordenadas de la imagen y de la cámara

Para adaptar las coordenadas al sistema de la imagen, es necesario sumar el punto principal al punto proyectado, en coordenadas de la cámara:

$$(X, Y, Z)^T \rightarrow \left(f \frac{X}{Z} + p_x, f \frac{Y}{Z} + p_y \right)^T \quad (\text{A.4})$$

Esta transformación puede expresarse en forma matricial usando coordenadas homogéneas:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} fX + Zp_x \\ fY + Zp_y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & p_x & 0 \\ 0 & f & p_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.5})$$

siendo $(p_x, p_y)^T$ las coordenadas del punto principal.

Otra peculiaridad de las cámaras digitales es que el sensor que posee no es perfecto. Esto afecta en que la forma de los píxeles que captura no es totalmente cuadrada.

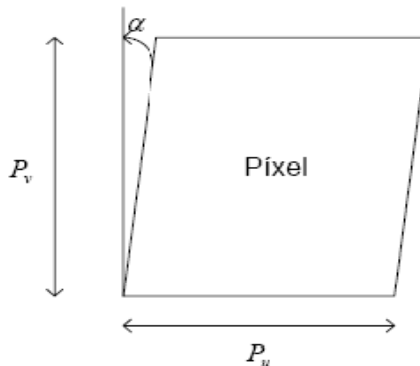


Fig A.68 Deformidad del píxel.

Introduciendo estos parámetros en la ecuación 3.4 se obtiene:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} fX + Zp_x \\ fY + Zp_y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{f}{p_u} & s & p_x & 0 \\ 0 & \frac{f}{p_v} & p_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.6})$$

Siendo $s = (\tan \alpha) \frac{f}{p_u}$

Por último se introducen aberraciones producidas por imperfecciones de pulido y centrado de la lente. Sin embargo en la mayoría de las cámaras resultan despreciables por lo que no se tendrán en cuenta.

Resumiendo, una cámara digital se puede representar utilizando el siguiente modelo:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} fX + Zp_x \\ fY + Zp_y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & s & p_x \\ 0 & f_y & p_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.7})$$

Siendo $(p_x, p_y)^T$ las coordenadas del punto principal, $s = (\tan \alpha) \frac{f}{p_v}$, $f_x = \frac{f}{p_u}$, $f_y = \frac{f}{p_v}$

Este modelo puede expresarse de forma mas compacta como:

$$x = K(I|O)X_{cam} \quad (\text{A.8})$$

Donde, K la llamada matriz de calibración o matriz de parámetros intrínsecos y estando la cámara centrada en el origen del sistema de coordenadas euclídeo. El punto X viene expresado en el sistema de coordenadas de la cámara.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, normalmente, los puntos de una escena se representan en el sistema de coordenadas del mundo y no en el de la cámara. Por lo tanto es necesario hacer una transformación que convierta coordenadas del mundo en coordenadas de la cámara. Esta transformación se trata de una rotación y una traslación que se representa mediante una matriz llamada matriz de parámetros extrínsecos:

$$X_{cam} = \begin{bmatrix} R & -RC \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & -RC \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} X \quad (\text{A.9})$$

En general estos algoritmos son precisos y rápidos, pero no siempre es posible usarlos, ya que en muchas ocasiones sólo se dispone de la secuencia de vídeo a aumentar y no de la cámara que la capturó.

b. Cálculo on-line

Esta calibración se realiza sobre las propias imágenes a aumentar. Consiste en encontrar un conjunto de parámetros internos que sean consistentes con la geometría proyectiva de la secuencia de imágenes. Normalmente no necesitan intervención del usuario, por lo que resultan adecuados para cámaras con lentes varifocales. El método de calibración online trata de encontrar la llamada cónica absoluta, que tiene la propiedad de ser invariante a las transformaciones de rotación y traslación de la cámara. A esta cónica se la conoce como la cónica de calibración, ya que sólo depende de los parámetros internos de la cámara. Se pueden diferenciar dos alternativas, dependiendo del conocimiento que se tenga de la escena capturada.

La primera de las alternativas aprovecha la existencia de líneas paralelas en la imagen. Hay que recordar que una cámara aplica una transformación de proyección sobre la escena que captura, por lo tanto las proyecciones de líneas paralelas se cruzan en el plano del horizonte. A estos puntos de cruce se les conoce como puntos de fuga. Conocer los puntos de fuga en tres direcciones ortogonales permite calcular la cónica absoluta y con ella los parámetros internos de la cámara (Hartley & Zisserman, 2000).

La segunda alternativa se basa en que las imágenes de la cónica absoluta proyectadas en dos fotogramas diferentes de una secuencia de vídeo deben cumplir ciertas restricciones geométricas, llamadas restricciones epipolares.

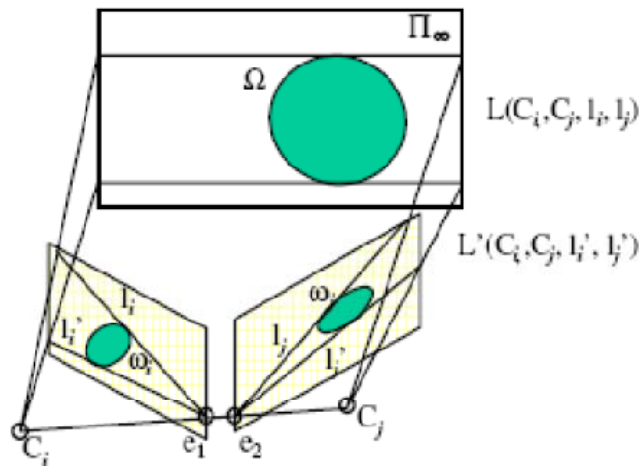


Fig A.70 Restricción epipolar en la cónica absoluta

Los métodos de autocalibración más extendidos que usan esta restricción se basan en las ecuaciones de Kruppa, utilizadas y simplificadas por Hartley (1997).

8.3. Estimación de la posición de la cámara

Es necesario conocer la posición que ocupa la cámara respecto a la escena. La cámara puede moverse, de modo que tendrá movimientos de rotación y traslación. Estos movimientos implican una serie de parámetros conocidos como parámetros externos o extrínsecos, ya que dependen únicamente de la posición de la cámara respecto a un sistema global de coordenadas.

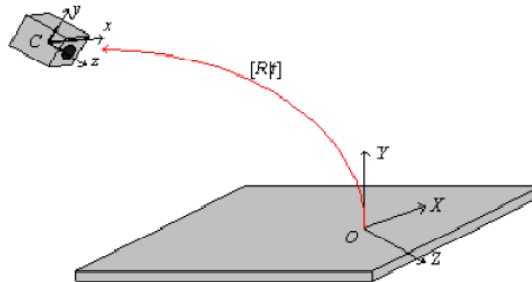


Fig A.71 Parámetros extrínsecos

Si se conocen los parámetros extrínsecos e intrínsecos de la cámara es posible añadir objetos virtuales a la escena de forma realista. En la figura A.72 se puede ver un ejemplo de imagen aumentada, en la que se añade una maqueta virtual a la escena real.



Fig A.72 Imagen aumentada de una maqueta virtual (en www.vr.ucl.ac.uk/projects/arthur)

Para calcular la pose de la cámara utilizando únicamente las imágenes que ésta captura, existen básicamente tres opciones, dependiendo del grado de conocimiento que se tenga sobre la escena.

- Uno de los métodos, y el más extendido en aplicaciones de realidad aumentada, consiste en incluir en la imagen marcas conocidas. La implementación más conocida de este tipo de posicionamiento es la librería ArToolkit (Kato & Billinghurst, 1999), de la que ya hemos hecho referencia.

En esta tesis hemos desarrollado este mismo método, utilizando una librería propia (HUMANAR).

- El segundo grupo se basa en el conocimiento de la geometría de los objetos situados en la escena. Si se tiene en cuenta que la posición de una cámara respecto a un objeto es la inversa de la posición del objeto respecto a la cámara, se pueden utilizar algoritmos de posición de objetos para aplicaciones de realidad aumentada. En Lepetit & Fua (2005) se puede consultar un resumen muy amplio de las técnicas utilizadas en este tipo de tracking.

- En el tercer grupo entran los algoritmos de tipo SFM (Structure From Motion). Por lo general no funcionan en tiempo real, por lo que no pueden usarse en aplicaciones de realidad aumentada, pero sí en aplicaciones de vídeo aumentado.

Estos métodos se basan en el efecto parallax para calcular el movimiento de la cámara a lo largo de la secuencia (Lu, Zhang, Wu, & Li, 2004). El efecto paralaje es el movimiento aparente de un objeto respecto al fondo cuando cambia el punto de vista del observador. En la figura A.74 se puede apreciar como el punto y , cambia notablemente de posición al moverse la cámara.

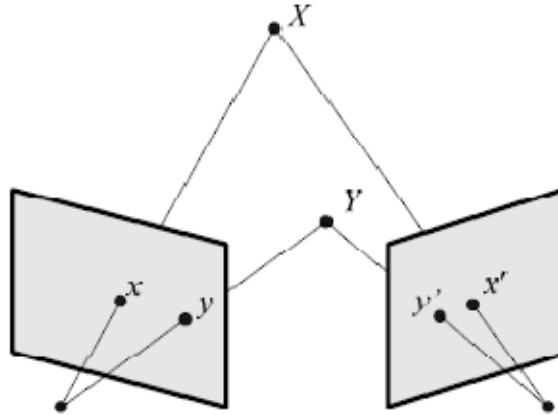


Fig A.73 Efecto del paralaje

9. TRABAJOS CITADOS EN APÉNDICE

Aguilar, A., Urdiales, C., Fernández-Ruiz, J., & Sandoval, F. (2004). Sistema CAD avanzado mediante Realidad Aumentada. *XIV Jornadas Telecom I+D*. Madrid, España.

AMIRE. (2004). *AMIRE*. Recuperado el Nov de 2009, de <http://www.amire.net/index.html>

Andersen, T., Kristensen, S., Nielsen, W., & Grønabæk, K. (2004). Designing an Augmented Reality Board Game with Children: The BattleBoard 3D Experience. *Proceeding of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community*, (págs. 137-138). Maryland.

Antoniac, P. (2005). Augmented Reality based user interface for mobile applications and services. *Tesis doctoral*. Faculty of Science, University of Oulu, Finlandia.

Aschke, M., Wirtz, C., Raczowsky, J., Worn, H., & Kunze, S. (2003). Stereoscopic augmented reality for operating microscopes. *International Congress Series, 1256*, 408-413.

Auer, T., & Pinz, A. (1999). The integration of optical and magnetic tracking for multi-augmented reality. *Computers & Graphics, 23* (6), 805-808.

Avery, B., Thomas, B., Velikovskiy, J., & Piekarsky, W. (2005). Outdoor augmented reality gaming on five dollars a day. *Proceedings of the Sixth Australasian conference on User interface*. Newcastle, Australia.

Azuma, R. (1997). A survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6* (4), 355-385.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21* (6), 34-47.

Balasingham, I., Samset, E., Hansen, A., & Aurdal, L. (2003). An Interactive Augmented Reality 3D Visualization System for Destroying Liver Tumor Using Cryoablation. *International Congress Series, 1256*, 690-695.

Barakonyi, I., Prendinger, H., Schmalstieg, D., & Ishizuka, M. (2007). Cascading Hand and Eye Movement for Augmented Reality Videoconferencing. *The IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2007 (3DUI'07)*. Charlotte NC, USA.

Bekel, H., Heidemann, G., & Ritter, H. (2005). Interactive Image Data Labeling Using Self-Organizing Maps in an Augmented Reality Scenario. *Neural Networks, 18* (5-6), 566-574.

Benko, H., Ishak, E., & Feiner, S. (2004). Collaborative Mixed Reality Visualization of an Archaeological Excavation. *The 3rd and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2004)*, (págs. 132-140). Arlington, VA, USA.

Billinghurst, M., Grasset, R., & Looser, J. (2005). Designing Augmented Reality Interfaces. *Computer & Graphics, 39* (1), 17-22.

Billinghurst, M., Green, S., Chase, J., & Chen, X. (2008). Evaluating the Augmented Reality Human-Robot Collaboration System. *The 15th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP '08)*, (págs. 548-553). Auckland, New Zealand.

Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001). The MagicBook: Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *IEEE Computer Graphics and Application, 21* (3), 6-8.

- Bimber, O., & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds*. Wellesley, Massachusetts: A K Peters.
- Bobick, A., Davis, J., & Intille, S. (1997). The KidsRoom: An Example Application Using a Deep Perceptual Interface. *Proceeding of the 1997 Workshop on Perceptual User Interfaces (PUI '97)*, (págs. 1-4). Banff, Canada.
- Bobick, A., Intille, S., Davis, J., Bair, F., Pinhanez, C., Campbell, L., y otros. (1999). The KidsRoom: A Perceptually-Based Interactive and Immersive Story Environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(4), 367-391.
- Brandt, E. (2006). Designing Exploratory Design Games: A Framework for Participation in Participatory Design? *Proceedings of the ninth conference on Participatory design: Expanding boundaries in design*. New York, NY, USA.
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. *Proceedings of the 25th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-25 1992)*, (págs. 659-669). Hawaii.
- Chen, R., & Wang, X. (2008). An empirical Study on Tangible Augmented Reality Learning Space for Design Skill Transfer. *Tsinghua Science and Technology*, 13(S1), 13-18.
- Cheok, A., Fong, S., Goh, K., Yang, X., Liu, W., & Farzbiz, F. (2003). Human Pacman: a sensing-based mobile entertainment system with ubiquitous computing and tangible interaction. En *Network and System Support for Games*. Redwood City, California: ACM New York, NY.
- Cheok, A., Goh, K., Liu, W., Farbiz, F., Fong, S., Teo, S., y otros. (2004). Human Pacman: a mobile, wide-area entertainment system based on physical, social, and ubiquitous computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(2), 71-81.
- Cheok, A., Teh, K., Nguyen, T., Qui, T., Lee, S., Wei, L., y otros. (2006). Social and Physical Interactive Paradigms for Mixed-Reality Entertainment. *ACM Computers in Entertainment*, 4(2), 5.
- Cheok, A., Weihua, W., Yang, X., Prince, S., Wan, F., Billinghamurst, M., y otros. (2002). Interactive Theatre Experience in Embodied + Wearable Mixed Reality Space. *Proceedings of the 1st International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 02)*, (pág. 59). Washington, DC.
- Cooper, N., Keatley, A., Dahlquist, M., Mann, S., Slay, H., Zucco, J., y otros. (2004). Augmented Reality Chinese Checkers. En N. U. ACM New York (Ed.), *Proceeding of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology*, (págs. 117-126). Singapore.
- De Souza e Silva, A., & Delacruz, G. (2006). Hybrid Reality Games Reframed: Potential Uses in Educational Contexts. *Games and Culture*, 1(3), 231 - 251.
- Do, T., & Lee, J. (2009). A Multiple-Level 3D-LEGO Game in Augmented Reality for Improving Spatial Ability. *Human-Computer Interaction. Interacting in Various Application Domains, Proceeding of the 13th International conference HIC , LNCS 5613/2009*, 296-303.
- Doil, F., Schreiber, W., Alt, T., & Patron, C. (2003). Augmented Reality for Manufacturing Planning Workshop on Virtual Environments. *Proceeding of the 2003 workshop on Virtual environment*, (págs. 71-76). Zurich, Switzerland.

Dorfmueller-Ulhaas, K. (2003). Project: A Table-Top Augmented Reality Application. *Sitio Web de Multimedia Concepts and Applications-Institute of Computer Science*:
<http://mm-werkstatt.informatik.uni-augsburg.de/augmented-reality.html>.

Dünser, A., & Hornecker, E. (2007). An Observational Study of Children Interacting with an Augmented Story Book. *Proceeding of Edutainment'07*, (págs. 305-315). Berlin, Heidelberg.

Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools. *Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-Human Interaction*, (págs. 125-132). Christchurch, New Zealand.

Feiner, S., Macintyre, B., Höllerer, T., & Webster, A. (1997). A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. *Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)*, (págs. 74-81). Cambridge, MA, USA.

Fiala, M. (2005). ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques. *Proceeding of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, 2, págs. 590-596. San Diego, California.

Fischer, J., Bartz, D., & StraBer, W. (2004). Occlusion Handling for medical augmented reality using a Volumetric Phantom Model. *Proceedings of the 2004 ACM symposium on Virtual reality software and technology*, (pp. 174-177). Hong Kong.

Fischer, J., Eichler, M., Bartz, D., & Straer, W. (2007). A hybrid tracking method for surgical augmented reality. *Computer & Graphics*, 31 (1), 39-52.

Fuhrmann, A., Löffelmann, H., Schmalstieg, D., & Gervautz, M. (1998). Collaborative Visualization in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 18 (4), 54-59.

Garzotto, F., & Forfori, M. (2006). Hyperstories and Social Interaction in 2D and 3D Edutainment Spaces for Children. *Proceedings of the seventeenth conference on Hypertext and hypermedia*, (págs. 57-68). Odense, Denmark.

Gelenbe, E., Hussain, K., & Kaptan, V. (2005). Simulating autonomous agents in augmented reality. *Journal of Systems and Software*, 74 (3), 255-268.

Gillet, A., Sanner, M., Stoffler, D., Goodsell, D., & Olson, A. (2004). Augmented Reality with Tangible Auto-Fabricated Models for Molecular Biology Applications. *Proceeding of the 15th IEEE Visualization 2004 conference (VIS'04)*, (págs. 235-242). Austin, TX.

Grasset, R., Looser, J., & Billinghamurst, M. (2005). OSGARToolKit: Tangible + Transitional 3D Collaborative Mixed Reality Framework. *Proceedings of the 2005 International conference on Augmented tele-existence (ICAT'05)*, (págs. 257 - 258). Christchurch, New Zealand.

Grimson, W., Ettinger, G., White, S., Gleason, P., Lozano-Pérez, T., & Kikinis, R. (1995). Evaluating and Validating an Automated Registration System for Enhanced Reality Visualization in Surgery. *Proceedings of First International conference on Computer Vision, Virtual Reality, and Robotics in Medicine 95*, (págs. 3-12). Niza, Francia.

Hall, T. L.-O. (2001). The Visitor as Virtual Archaeologist: Explorations in Mixed Reality Technology to Enhance Educational and Social Interaction in the Museum. *Proceeding of the 2001 conference on Virtual reality, archeology and cultural heritage*, (págs. 91-96). Glyfada, Grecia.

Hartley, R. (1997). Kruppa's Equations derived from the Fundamental Matrix. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19, 133-135.

Hartley, R., & Zisserman, A. (2000). *Multiple View Geometry in computer vision*. Cambridge University Press.

Henderson, S., & Feiner, S. (2007). *Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR)*. Technical Report AFRL-RH-WP-TR-2007-0112, United States Air Force Research Lab.

HITLab. (2006). Recuperado el Nov de 2009, de Human Interface Technology Laboratory: <http://www.hitl.washington.edu/home>

HITLab NZ, OSGART: ARToolkit for OpenSceneGraph. (2006). Obtenido de <http://www.artoolworks.com/community/osgart> (Consultado Nov. 2009)

Höllerer, T., Feiner, S., Hallaway, D., Bell, B., Lanzagorta, M., Brown, D., y otros. (2001). User Interface Management Techniques for Collaborative Mobile Augmented Reality. *Computers & Graphics*, 25 (5), 799-810.

Höllerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G., & Hallaway, D. (1999). Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System. *Computers & Graphics*, 23 (6), 779-785.

Hornecker, E., & Dünser, A. (2009). Of Pages and Paddles: Children's Expectations and Mistaken Interactions with Physical-Digital Tools. *Interacting with Computers*, 21 (1), 95-107.

Intel. (2004). *Open Source Computer Vision Library*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2009, de <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>.

Juan, M., Alcañiz, M., Calatrava, J., Zaragoza, I., Baños, R., & Botella, C. (2007). An Optical See-Through AR System for the Treatment of Phobias to small Animals. *The Second International conference ICVR 2007. Lectures Notes Computer Science*, 4563, 651-659.

Juan, M., Alcañiz, M., Monserrat, C., Botella, C., Baños, R., & Guerrero, B. (2005). Using Augmented Reality to Treat Phobias. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25 (6), 31-37.

Juan, M., Baños, R., Botella, C., Pérez, D., Alcañiz, M., & Montserrat, C. (2006a). An Augmented Reality System for the Treatment of Acrophobia: The Sense of Presence Using Immersive Photography. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 15 (4), 393-402.

Juan, M., Beatrice, F., & Cano, J. (2008). An Augmented Reality System for Learning the Interior of the Human Body. *The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2008)*, (págs. 186-188). Santander (Spain).

Juan, M., Joele, D., Baños, R., Botella, C., Alcañiz, M., & van der Mast, C. (2006b). The use of a Visible and/or an Invisible Marker Augmented Reality System for the Treatment of Phobia to small Animals. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 4, 31-36.

Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99)*, (págs. 85-94). San Francisco, CA (USA).

Kato, H., Tachibana, K., Tanabe, M., Nakajima, T., & Fukuda, Y. (2003). A City-Planning system based on Augmented Reality with a Tangible Interface. *Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03)*, (págs. 340-341). Tokio, Japan.

- Kaufmann, H. (2002). Construct3D: An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education. *Proceeding of ACM Multimedia Conference 2002*, (págs. 656-657). Juan Les Pins, France.
- Kaufmann, H. (2004). Geometry Education with Augmented Reality. *PhD. Thesis, Technischen Universität Wien*.
- Kaufmann, H., & Meyer, B. (2008). Simulating Educational Physical Experiments in Augmented Reality. *Proceeding of the 2008 International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH ASIA)*, (págs. 1-8). Singapore.
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computer & Graphics*, 27(3), 339-345.
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Proceeding of the 2002 International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH 2002)*, (págs. 37-41). San Antonio, Texas.
- Kenji, I., Hirokazu, K., & Keihachiro, T. (2000). Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment. *Human Interface, 2000*, 275-278.
- Kim, S., Lingley, A., Saeedi, E., Ho, H., & Parviz, B. (2008). Integrating Inorganic Devices in the Structure of a Contact Lens. *Vacuum Technology & Coating, Mayo*, 35-37.
- Kiyokawa, K., Takemura, H., & Yokoya, N. (2000). SeamlessDesign for 3D Object Creation. *Multimedia Computing and Systems*, 7(1), 22 - 33.
- Klopper, E., Perry, J., Squire, K., & Jan, M. F. (2005). Collaborative Learning through Augmented Reality Role Playing. *Proceedings of 2005 conference on Computer support for collaborative learning*, (págs. 311-315). Taipei, Taiwan.
- Koenig, T., Crucian, G., Dalrymple-Alford, J., & Dünser, A. (2009). Virtual Reality rehabilitation spatial abilities after brain damage. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 7, 105-107.
- Kondo, T. (2006). Augmented Learning Environment using Mixed Reality Technology. *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2006*, (págs. 83-87). Chesapeake, VA.
- Konishi, K., Hashizume, M., Nakamoto, M., Kakeji, Y., Yoshino, I., Taketomi, A., y otros. (2005). Augmented reality navigation system for endoscopic surgery based on three-dimensional ultrasound and computed tomography: Application to 20 clinical cases. *International Congress Series*, 1281, 537-542.
- Lam, A., Chow, K., Yau, E., & Lyu, M. (2006). ART: Augmented Reality Table for Interactive Trading Card Game. *Proceedings of the 2006 ACM International conference on Virtual reality continuum and its applications*. Hong Kong, China.
- Lee, J., Seo, D., & Rhee, G. (2008). Visualization and Interaction of Pervasive Services Using Context-aware Augmented Reality. *Expert Systems with Applications*, 35(4), 1873-1882.
- Lepetit, V., & Fua, P. (2005). Monocular Model-Based 3D Tracking of Rigid Objects: A Survey. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 1(1), 1-89.

- Lu, B., Lim, K., Zheng, J., & Cai, Y. (2004). Learning Molecular Biology By VR Playing. *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry*, (págs. 168-172). Singapore.
- Lu, Y., Zhang, J., Wu, J., & Li, Z. (2004). A Survey of Motion-Parallax-Based 3-D Reconstruction Algorithms. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 34 (4), 532-548.
- Malkawi, A., & Srinivasan, R. (2005). A new Paradigm for Human-Building Interaction: the use of CFD and Augmented Reality. *Automation in Construction*, 14 (1), 71-84.
- Matyszcok, C., Radkowski, R., & Berssenbruegge, J. (2004). AR-Bowling: Immersive and Realistic Game Play in Real Environments Using Augmented Reality. *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International conference on Advances in computer entertainment technology*, (págs. 269-276). Singapore.
- McKenzie, J., & Darnell, D. (2004). The eyeMagic book. *A Report into Augmented Reality Storytelling in the Context of a Children's Workshop 2003*. New Zealand Centre for Children's Literature and Christchurch College of Education. Christchurch.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). Taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D (12), 1321-1329.
- Mischkowski, R., Zinser, M., Kubler, A., Krug, B., Seifert, U., & Zoller, J. (2006). Application of an augmented reality tool for maxillary positioning in orthognathic surgery- A feasibility study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 34 (8), 478-483.
- Mixed_Reality_Lab. (2003a). MXRToolKit: Mixed Reality Camera Calibration Tool. *Disponibile en: www.mixedreality.nus.edu.sg (software)*, National University Singapore.
- Mixed_Reality_Lab. (2003b). MXRToolKit: Mixed Reality Model Aligment Tool. *Disponibile en: www.mixedreality.nus.edu.sg (software)*, National University Singapore.
- Neumann, U., & Cho, Y. (1996). A Self-Tracking Augmented Reality System. *Proceeding of the 1996 ACM Symposium on virtual Reality Software and Technology*, (págs. 109-115). Hong Kong.
- Nikou, C., Digioia, A., Blackwell, M., Jaramaz, B., & Kanade, T. (2000). Augmented Reality Imaging Technology for Orthopaedic Surgery. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 10 (1), 82-86.
- Ong, S., Pang, Y., & Nee, A. (2007). Augmented Reality Aided Assembly Design and Planning. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 56 (1), 49-52.
- Pan, Z., Cheok, A., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual Reality and Mixed Reality for Virtual Learning Environments. *Computers & Graphics*, 30 (1), 20 – 28.
- Park, H., Moon, H., & Lee, J. (2009). Tangible Augmented Prototyping of Digital Handheld Products. *Computer in Industries*, 60 (2), 114-125.
- Park, J., Kim, T., & Yoon, J. (2006). AR Table Tennis: A Video-Based Augmented Reality Sports Game. *Proceedings of the 16th International conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT'06)*, (págs. 197-206). Hangzhou, China.

Parsons, C., Alberti, D., Amato, J., & Olivan, L. (2008). Proyecto Tangible. Desarrollo de una herramienta para proyecciones de video volumétricas. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/21410935/Proyecto-Tangible-2008>.

Pentenrieder, K., Bade, C., Doil, F., & Meier, P. (2007). Augmented Reality-Based Factory Planning - an Application Tailored to Industrial Needs. *Proceeding of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, (págs. 1-9). Nara, Japón.

Pérez, D., Juan, M., Alcañiz, M., Baños, R., & Botella, C. (2007). Two Similar Systems for the Treatment of Acrophobia. An AR System and a Virtual Reality System. *Proceedings of the 12th International Conference, HCI International 2007*, (págs. 850-854).

Peula, J., Torres, F., Urdiales, C., & Sandoval, F. (2008). Aplicación de realidad aumentada para la educación y difusión del patrimonio. *XXIII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI 2008)*. Madrid.

Peula, J., Zumaquero, J., Urdiales, C., Barbancho, A., & Sandoval, F. (2007). Realidad Aumentada aplicada a herramientas de didáctica musical. *XXII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI 2007)*. Tenerife, Spain.

Quarles, J., Lampotang, S., Fischler, I., & Fishwick, P. (2009). Scaffolded Learning with Mixed Reality. *Computers & Graphics*, 33 (1), 34-46.

Rashid, O., Bamford, W., Coulton, P., Edwards, R., & Sheible, J. (2006). PAC-LAN: Mixed-Reality Gaming with RFID Enabled Mobile Phones. *ACM Computers in Entertainment*, 4 (4), 1-17.

Rekimoto, J. (1996). Augmented Reality Using the 2D Matrix Code. *Proceedings of the 4th Workshop on Interactive Systems and Software (WISS'96)*. Japón.

Romero, L., Santiago, J., & Correia, N. (2004). Contextual Information Access and Storytelling in Mixed Reality Using Hypermedia. *ACM Computers in Entertainment*, 2 (3), 12.

Roncaglio, P., & Gonzalez, A. (2007). Sistema de Realidad Aumentada para Planificación Neuroquirúrgica Basado en Dispositivos Móviles de Uso Masivo. *Actas de I Jornadas Chilenas de Ingeniería Biomédica*. Viña del Mar, Chile.

Rosenthal, M., State, A., Lee, J., Hirota, G., Ackerman, J., Keller, K., y otros. (2002). Augmented Reality Guidance for Needle Biopsies: An Initial Randomized, Controlled Trial in Phantoms. *Medical Image Analysis*, 6 (3), 313-320.

Saeedi, E., Kim, S., & Parviz, B. (2008). Self-Assembled Crystalline Semiconductor Optoelectronics on Glass and Plastic. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 18 (7), 1-7.

Sánchez, J., & Borro, D. (2007). Automatic Augmented Video Creation for Markerless Environments. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Vision Theory and Application (VISAPP 07)*, (págs. 519-522). Barcelona, Spain.

Seo, J., Kim, N., & Kim, G. (2006). Designing Interactions for Augmented Reality Based Educational Contents. *Lectures Notes in Computer Science*, 3942, 1188-1197.

Shin, D., & Dunston, P. (2008). Identification of Application Areas for Augmented Reality in Industrial Construction Based on Technology Suitability. *Automation in Construction*, 17 (7), 882-894.

- Stricker, D., & Kettenbach, T. (2001). Real-time and Markerless Vision-Based Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications. *Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR'01)*, (págs. 189-190).
- Sutherland, I. (1968). A Head-Mounted Three Dimensional Display. *Proceedings of the December 1968, fall Joint Computer Conference*, (págs. 757-764). San Francisco, California.
- Szalavári, Z., & Gervautz, M. (1997). The Personal Interaction Panel a Two-Handed Interface for Augmented Reality. *Computer Graphics Forum*, 16 (3), 335-346.
- Teichrieb, V., Neto, S., Farias, T., Teixeir, J., Lima, J., Almeida, G., y otros. (2007). Augmented Ambient: An Interactive Mobility Scenario. *Lectures Notes in Computer Science*, 4555/2007, 565-574.
- Tonn, C., Petzold, F., Bimber, O., Grundhö, Fer, A., & Donath, D. (2008). Spatial Augmented Reality for Architecture Designing and Planning with and within Existing Buildings. *International Journal of Architectural Computing*, 6 (1), 41-58.
- Torpus, J. (2005). *LifeClipper*. Recuperado el 23 de Nov de 2009, de <http://www.torpus.com/lifeclipper>
- Tsai, R. (1987). A Versatile Camera Calibration Technique for High Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using off the Self TV Cameras and Lenses. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 3 (4), 323-344.
- Vallino, J. (University of Rochester de April de 1998). Interactive Augmented Realit. *Ph.D. Thesis, Department of Computer Science*. Rochester, NY.
- Vasilakos, A., We, L., Nguyen, T., Qui, T., Chen, L., Boj, c., y otros. (2008). Interactive Theatre Via Mixed Reality and Ambient Intelligence. *Information Sciences*, 178, 679-693.
- Wacker, F., Vogt, S., Khamene, A., Sauer, F., Wendt, M., Duerk, J., y otros. (2005). MR image-guided needle biopsies with a combination of augmented reality and MRI: A pilot study in phantoms and animals. *International Congress Series*, 1281, 424-428.
- Wagner, D. (2007). Handheld Augmented Reality. *Tesis Doctoral. Graz University of Technology*. Graz, Austria.
- Wagner, D. (2007a). *Handheld Augmented Reality. ARToolkitPlus 2.1.1*. Disponible en: http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php.
- Wagner, D. (2007c). Handheld Augmented Reality. Augmented Reality on Truly Mobile Devices: Studierstube Tracker. Disponible en: http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/stbtracker.php.
- Wagner, D. (2007c). Handheld Augmented Reality. Augmented Reality on Truly Mobile Devices: Studierstube ES (StB ES). Disponible en http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/stbes.php.
- Wagner, D., & Schmalstieg, D. (2007b). ARToolkitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices. *Proceedings of the 12th Computer Vision Winter Workshop (CVWWW'07)*, (págs. 6-8). St. Lambrecht, Austria.
- Wagner, D., Pintaric, T., & Schmalstieg, D. (2004). The Invisible Train: A Multi-Player Handheld Augmented Reality Game. Disponible en: http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/invisible_train.
- Wanschitz, F., Birkfellner, W., Figl, M., Patruta, S., Wagner, A., Watzinger, F., y otros. (2002). Computer-Enhanced Stereoscopic Vision in a Head-Mounted Display for Oral Implant Surgery. *Clinical Oral Implants Research*, 13 (6), 610-616.

Weidenbach, M., Wick, C., Pieper, S., Quast, J., Fox, T., Grunst, G., y otros. (2000). Aumented Reality simulator for training in Two-Dimensional Echocardiography. *Computers and Biomedical Research*, 33(1), 11-22.

Wojciechowski, R., Walczak, K., White, M., & Cella, W. (2004). Building Virtual and Augmented Reality Museum Exhibitions. *Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology*, (págs. 135 - 144). Monterrey, California.

Woods, E., Billinghamurst, M., Aldridge, G., & Garri, B. (2004). Augmenting the Science Centre a Museum Experience. *Proceedings of the 2nd international conference on Computer Graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia*, (págs. 230 - 236). Singapore.

Woods, E., Mason, P., & Billinghamurst, M. (2003). MagicMouse: an Inexpensive 6-Degree-of-Freedom Mouse. *Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia*, (págs. 285-286). Melbourne, Australia.

Zhang, Z. (2000). A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2000, 22(11), 1330-1334.

Zhou, Z., Cheok, A., Li, Y., & Kato, H. (2005). Magic Cubes for Social and Physical Family Entertainment. *Proceedings of ACM CHI 2005 Conference on Human Factors in Computer System*, (págs. 1156-1157). Portland. Oregon.

Zhou, Z., Cheok, A., Pan, J., & Li, Y. (2004). Magic Story Cube: an Interactive Tangible Interface for Storytelling. *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, (págs. 364-365). Singapore.

J. Martín Gutiérrez



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

TESIS DOCTORAL



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las
habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería.

Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería.

Vol. II Anexos



Jorge Martín Gutiérrez

Directores:

Dr. D. Manuel Contero González

Dr. D. José Luis Saorín Pérez

Valencia, Marzo 2010

TESIS DOCTORAL Vol. II

DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA GRÁFICA



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GRÁFICA

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE CONTENIDOS DIDÁCTICOS
EN EL DESARROLLO DE LAS HABILIDADES ESPACIALES
EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA.**

Presentada por:

D. Jorge Martín Gutiérrez

Dirigida por :

Dr. D. Manuel Contero González

Dr. D. José Luis Saorín Pérez

MARZO 2010
Volumen II – Anexos

Anexo 0. Instrucciones para la administración de los test de medición espacial e instrucciones para transformación de datos del test DAT:SR a DAT-5:SR

Anexo 1. Material didáctico del curso basado en Sistema Diédrico.

Anexo 2. Material didáctico del curso basado en Realidad Aumentada.

Anexo 3. Material didáctico del curso basado en croquización de ejercicios tradicionales de Expresión Gráfica.

Anexo 4. Encuesta de perfil y características de los estudiantes.

Anexo 5. Encuestas de usabilidad y satisfacción de los cursos y aplicaciones.

Anexo 6. Pruebas evaluatorias de los cursos.

- Pruebas evaluatorias en el curso de croquización de ejercicios tradicionales de EG (formato Pruebas Acceso a la Universidad – PAU)
- Resultados prueba evaluatoria PAU.

Anexo 7. Medición de capacidad espacial en alumnos que acceden a titulaciones técnicas en la Universidad de La Laguna.

- Medición en curso académico 2007/08
- Medición en curso académico 2008/09

Anexo 8. Resultados de medición de capacidad espacial en cada curso.

Anexo 9. Resultados encuestas de satisfacción.

ANEXO 0

Instrucciones para la administración de los test de medición espacial e instrucciones para transformación de datos del test DAT:SR a DAT-5:SR.

TEST DE ROTACION MENTAL MRT

(Vanderberg et Kuse 1978)

Este test mide la capacidad de realizar rotaciones mentales en el espacio 3D.

Está compuesto de 20 ejercicios compuestos cada uno de ellos de cinco figuras.

La primera es la que tomamos como referencia y el objetivo es localizar dentro de las otras cuatro, las que dos que corresponden a la de figura de referencia después de haber girado alrededor de uno o dos de sus ejes.

Tiempo:

El tiempo límite es de 6 minutos.

Se divide en dos periodos de 3 minutos. Es decir el alumno empieza, realiza las dos primeras páginas y no continua con el ejercicio hasta que se acaban los tres minutos.

Puntuación:

2 puntos por cada línea de figuras correctamente resueltas

1 punto si sólo se localiza una de las rotaciones por línea y no se marca ninguna otra figura.

0 punto si alguna de las marcas es incorrecta.

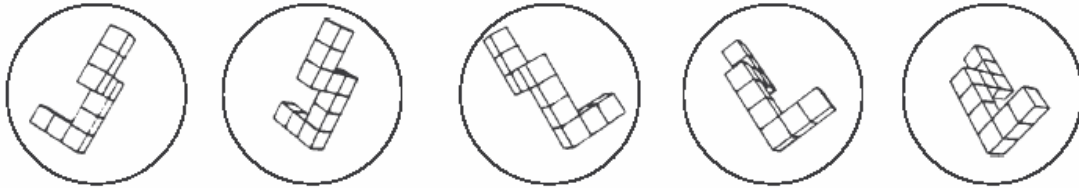
TEST DE ROTACION MENTAL

Nombre _____ DNI _____

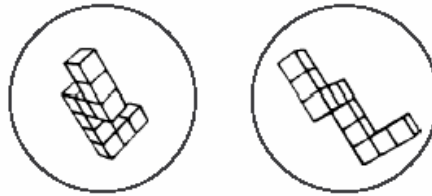
Carrera _____

Fecha _____

Este test está destinado a medir la aptitud para reconocer un objeto dado en una muestra de objetos diferentes. La única diferencia entre el objeto original y el objeto a localizar consiste en una modificación del ángulo de visión. En la imagen inferior tenemos un ejemplo de una misma figura vista desde cinco posiciones distintas.



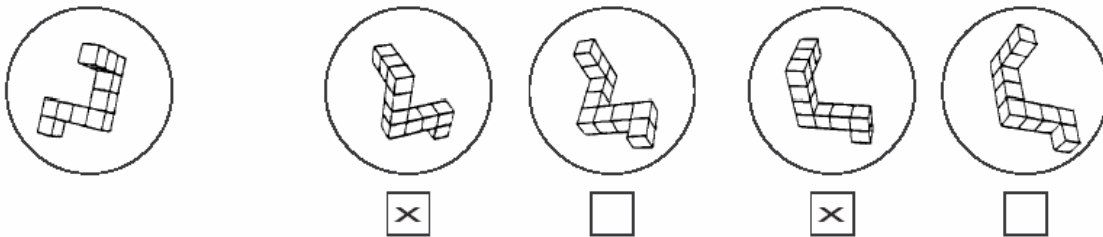
En el ejemplo siguiente podemos ver dos figuras que representan un objeto diferente al anterior. Es decir, aunque lo giráramos no podríamos verlo como los anteriores.



Ahora podrás realizar algunos ejercicios a modo de ejemplo. Para cada problema hay una figura de referencia a la izquierda y cuatro figuras alineadas a la derecha. El problema consiste en localizar entre esas cuatro imágenes, las dos que corresponden a la figura de la izquierda.

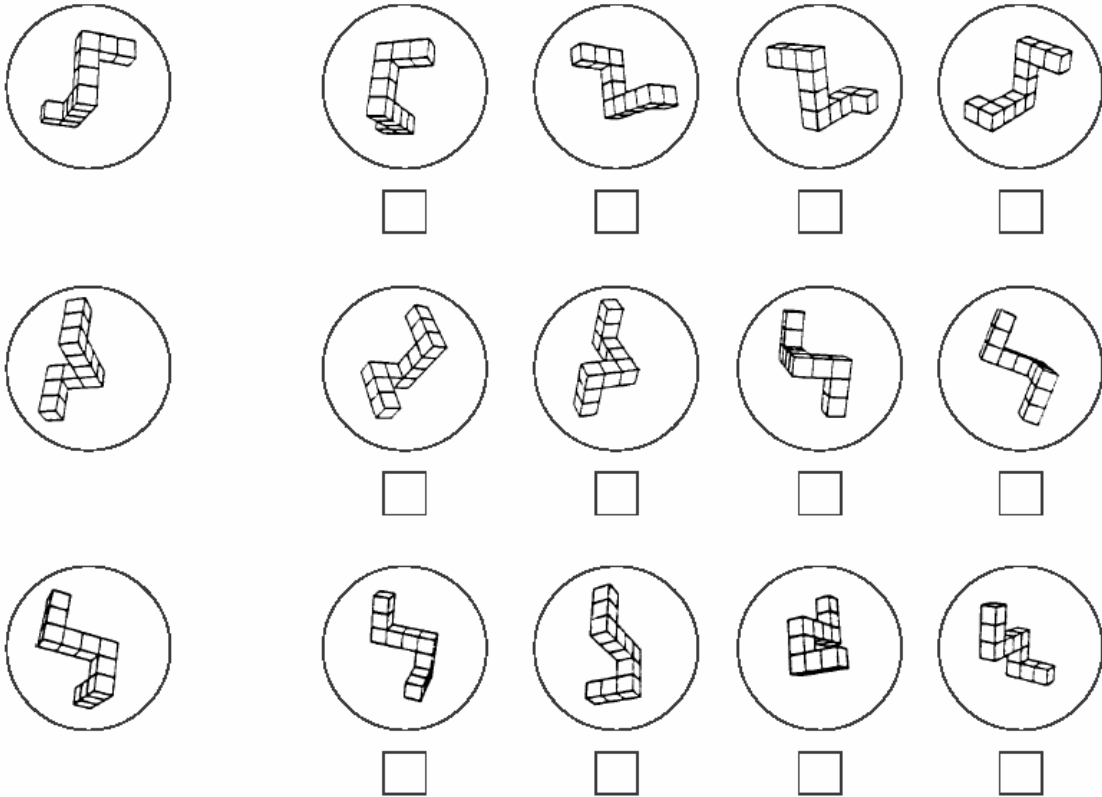
En todos los problemas, hay dos soluciones correctas. Hay que marcar con una X, las casillas correspondientes (como en el ejemplo).

En el caso de que no se localicen las dos soluciones, se puede marcar sólo una de ellas y el ejercicio puntúa la mitad. Si alguna de ellas es errónea el ejercicio estará mal por completo.



Pasa a la página siguiente

Completar los siguientes ejercicios por vosotros mismos. ¿Cuáles son los dos gráficos, entre los cuatro de la izquierda, que representan la misma estructura que la figura de la derecha? Siempre hay dos y solamente dos respuestas correctas para cada problema. Escriba una X debajo de los dibujos correctos. (Los tres ejemplos siguientes tienen las respuestas al final de la página para corregir inmediatamente)



Respuestas correctas:

- 1.- Dibujos primero y segundo
- 2.- Dibujos primero y tercero
- 3.- Dibujos segundo y tercero

Este test está compuesto de dos partes. Dispone de 3 minutos para cada parte. Si termina la primera parte antes de tiempo, deténgase y espere a que le avisen para continuar.

Recuerde que existen dos y solamente dos respuestas correctas en cada ejercicio. La puntuación de cada ejercicio será cero si alguna de las respuestas es incorrecta, pero será la mitad si sólo marca una casilla y ésta es correcta.

No pase la página hasta que se le indique

DAT -5 SR
INSTRUCCIONES QUE DEBE PASAR EL EVALUADOR
Por favor siga al pie de la letra estas instrucciones.

1.- Deben disponer de lapicero y goma de borrar.

2.- Se distribuyen las HOJAS DE RESPUESTA para que sea vista por el alumno y se dice:

“ En esta hoja deben dar todas sus contestaciones del modo que ahora les explicaré. No Escriban ni hagan ninguna marca hasta que yo que les diga el lugar y modo de hacerlo. En la línea superior de la hoja escriban los datos que se solicitan: Nombre, Apellidos, edad, universidad...y escriban en la parte superior de la Hoja: PRE-TEST.”

3.- Una vez rellenado los datos decir:

“ Ahora voy a entregarles un cuadernillo como este (MOSTRAR). En este cuadernillo están los ejercicios que deben realizar. Déjelo sobre la mesa tal y como lo entrego y no escriban ni hagan marcas sobre él.”

4.- Repartir los cuadernillos.

“Abran la primera página del cuadernillo y vamos a leer las instrucciones. Voy a leerlas en alto y ustedes sigan la lectura en voz baja”

5.- Leer las instrucciones explicando en qué consisten los ejercicios.

“La respuesta correcta de cada ejercicio se marcará en la HOJA DE RESPUESTAS con una X, en el cuadernillo NO HAGAN NINGUNA MARCA, pues será utilizado en pruebas con otras personas”

“Si utilizan bolígrafo para marcar las X, y se equivocan, tachan la respuesta y hacen la nueva marca con la X”

“¿ESTAN PREPARADOS? --- Disponen de 20 minutos para realizar la prueba.”

6.- Cronometrar el tiempo. Y pasados 20 minutos

“Deténganse. Dejen el lápiz sobre la mesa, cierren el cuadernillo dejando la portada hacia arriba y coloquen la Hoja de respuestas en el lateral de la mesa para recogerla”

Nombre y Apellidos: _____

Edad: _____ Hombre

Titulacion: _____

Curso: _____ Mujer

Universidad: _____

Fecha: _____

HOJA DE RESPUESTA DAT - SR NIVEL 2

Rellene marcando X el recuadro de la alternativa elegida

	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	29	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	A	B	C	D		A	B	C	D
31	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	41	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	43	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	45	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	47	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DAT -5 -SR
CUADERNILLO

No abra este CUADERNILLO hasta que se le indique.

Escriba todas sus contestaciones en la HOJA DE
RESPUESTAS.

Espere nuevas instrucciones.

NO ESCRIBA NADA EN ESTE CUADERNILLO

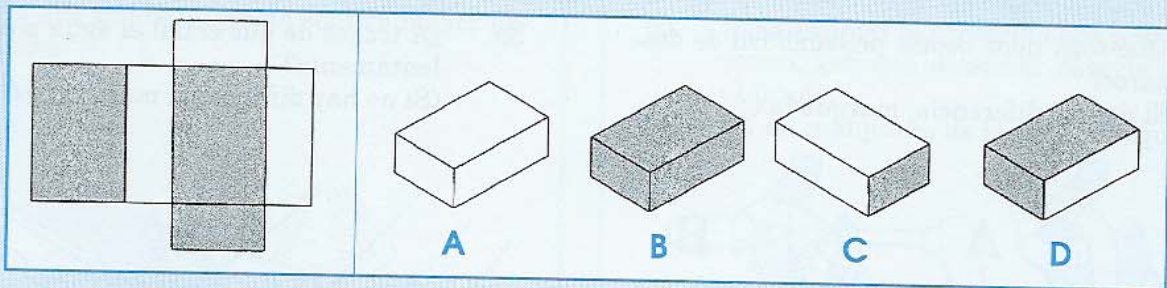
RELACIONES ESPACIALES

INSTRUCCIONES

Esta prueba consta de 50 ejercicios. En cada uno de ellos 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. Su tarea consiste en averiguar cuál de esas figuras es la **única** que ha podido formarse a partir del modelo. Éste siempre presenta la parte exterior de la figura.

Una vez que haya elegido su respuesta, debe marcar, en la Hoja de respuestas, el espacio correspondiente a la contestación elegida. Fíjese en el **Ejemplo E1**:

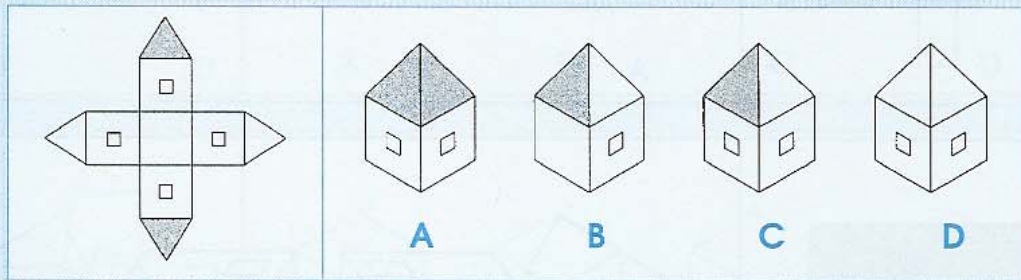
EJEMPLO E1



En el **Ejemplo E1** el modelo formará una caja rectangular con las dos caras mayores y una de las pequeñas laterales sombreadas. Fíjese en las respuestas **A**, **B**, **C** y **D**. Las respuestas **A** y **C** son incorrectas porque la cara superior no está sombreada. La respuesta **B**, tampoco es correcta porque tiene sombreados uno de los laterales largos. La respuesta correcta es **D** porque la cara superior y uno de los laterales cortos están sombreados. La cara inferior está oculta a la vista. Por eso, en la Hoja de respuestas, se ha marcado el recuadro que está debajo de la letra **D** en la línea correspondiente al **Ejemplo E1**.

Fíjese ahora en el **Ejemplo E2**:

EJEMPLO E2



En el **Ejemplo E2**, a partir del modelo se puede construir un objeto semejante a una casa. La parte central del modelo será el fondo de la figura y cuando el modelo se doble, el tejado tendrá dos lados opuestos sombreados. Fíjese en que en hay una ventanita en cada uno de los cuatro lados de la casa. Analice las figuras correspondientes a las respuestas **A**, **B**, **C** y **D**. Sólo una de ellas puede construirse a partir del modelo. La respuesta **A** es incorrecta porque las dos vertientes sombreadas del tejado son contiguas y debían ser opuestas. La respuesta **B** es mala porque las cuatro paredes laterales de la casa deberían tener ventana. La **D** no es válida porque no queda a la vista una de las vertientes sombreadas del tejado. La respuesta correcta es la **C** porque se ve una de las vertientes sombreadas del tejado y en cada una de las paredes visibles de la casa hay una ventana.

Por eso ha debido marcar el espacio correspondiente a la letra **C** frente al **Ejemplo E2**.

El modelo siempre muestra la superficie **exterior** de la figura construida. Todas las figuras tienen la forma correcta, pero sólo **una** puede construirse a partir del modelo.

Tiene que marcar todas sus contestaciones en la Hoja de respuestas. **No** escriba nada ni haga ninguna señal en este Cuadernillo.

Si tiene dificultad en contestar a algún ejercicio, déjelo y pase a otros que le parezcan más fáciles. Luego, si tiene tiempo, vuelva a los ejercicios que dejó sin contestar en esta prueba. **No** continúe con la prueba siguiente hasta que se lo indiquen.

DETÉNGASE. NO VUELVA LA HOJA HASTA QUE SE LE INDIQUE

ESPERE

**UNIVERSITARIOS
VARONES**
TABLA 18. DAT (Forma L y M)
 Estudiantes universitarios: 1° curso

Pc	Puntuaciones directas							Ene
	VR	NA	VR+NA	AR	SR	MR	CSA	
99	50		90	50	59-60	66-68	97-100	9
98	49		89	-	56-58	64-65	94-96	9
97	48	40	86-87	49	54-55	63	92-93	9
96	-	39	85	-	-	-	91	8
95	46-47	38	81-84	48	51-53	61-62	88-90	8
90	43-45	37	78-80	-	48-50	59-60	84-87	8
85	42	35-36	75-77	47	46-47	57-58	82-83	7
80	40-41	34	72-74	-	44-45	56	80-81	7
75	39	33	70-71	46	43	55	78-79	6
70	38	32	68-69	45	41-42	54	76-77	6
65	37	31	67	44	40	53	74-75	6
60	36	30	65-66	-	39	52	73	5
55	35	29	63-64	43	37-38	51	71-72	5
50	34	28	62	42	36	50	70	5
45	33	27	60-61	41	35	49	68-69	5
40	32	26	58-59	40	34	48	66-67	4
35	31	25	57	39	32-33	47	65	4
30	30	24	55-56	38	31	46	63-64	4
25	28-29	22-23	53-54	37	29-30	45	61-62	4
20	27	21	50-52	36	27-28	44	59-60	3
15	25-26	19-20	47-49	34-35	25-26	42-43	56-58	3
10	23-24	17-18	44-46	32-33	22-24	40-41	53-55	2
5	21-22	15-16	40-43	30-31	20-21	39	50-52	2
4	20	14	39	-	19	38	48-49	1
3	19	13	37-38	29	17-18	37	47	1
2	17-18	12	34-36	27-28	15-16	35-36	44-46	1
1	0-16	0-11	0-33	0-26	0-14	0-34	0-43	1
N	934	976	898	960	786	939	591	N
Med.	33,94	27,65	62,01	41,73	36,30	50,09	69,82	Med.
D.t.	7,85	7,60	13,14	6,93	10,05	7,04	12,15	D.t.

Tabla 47. Baremos de estudiantes aspirantes a la universidad, varones y mujeres

Centil	VR	NR	AR	SR	S	De
99	37-40	32-40	36-40	50	97	10
98	36	31	35	-	91	10
97	35	30	34	49	87	9
96	34	29	33	48	85	9
95	33	28	32	47	83	9
90	31-32	24-27	31	45-46	76	8
85	29-30	23	30	44	71	8
80	28	22	29	42-43	67	7
75	27	21	28	41	63	7
70	26	20	27	40	60	7
65	25	-	26	39	58	6
60	24	19	-	37-38	55	6
55	23	18	25	-	52	6
50	22	17	24	36	50	6
45	21	16	23	35	48	5
40	20	15	-	33-34	45	5
35	19	-	22	31-32	42	5
30	18	14	21	30	40	4
25	17	-	20	29	37	4
20	16	13	19	26-28	33	4
15	15	12	18	24-25	29	3
10	13-14	11	17	22-23	24	3
5	12	10	15-16	19-21	17	2
4	11	-	14	18	15	2
3	10	9	-	17	12	2
2	8-9	8	13	16	9	1
1	0-7	0-7	0-12	0-15	3	1
N	2.383	409	2.383	444	N	
Media	22,09	17,56	24,11	34,57	Media	
D.t.	6,62	5,41	5,48	8,56	D.t.	

Transformación de puntuaciones

Centil	DAT:SR	DAT-5:SR
99	59-60	50
98	56-58	--
97	54-55	49
96	---	48
95	51-53	47
90	48-50	45-46
85	46-47	44
80	44-45	42-43
75	43	41
70	41-42	40
65	40	39
60	39	37-38
55	37-38	--
50	36	36
45	35	35
40	34	33-34
35	32-33	31-32
30	31	30
25	29-30	29
20	27-28	26-28
15	25-26	24-25
10	22-24	22-23
5	20-21	19-21
4	19	18
3	17-18	17
2	15-16	16
1	0--14	0--15

ANEXO 1

Material didáctico del curso basado en Sistema Diédrico.

CURSO INTENSIFICACION.

MEJORA HABILIDADES ESPACIALES. SISTEMA DIEDRICO. SD-3D

CURSO INTENSIFICACION. SISTEMA DIEDRICO-3D.

- 1.- Introducción. Sistemas de representación.
 - 1.1.- Necesidad de pasar de 3D a 2D.
 - 1.1.- Proyección. Clases de proyecciones
 - 1.2.- Representación de Objetos mediante sus proyecciones Ortogonales.
 - Vistas Normalizadas.
 - Posición de las Vistas.
- 2.- Sistema diédrico. Representación de punto, recta y plano.
 - 2.1. Elementos y características del sistema diédrico.
 - 2.2.Representación del punto. Alejamiento y cota.
 - 2.3.Alfabeto del punto. Coordenadas del punto.
 - 2.4.Proyecciones diédricas de la recta.
 - 2.5.Alfabeto de la recta
 - 2.6.Proyecciones diédricas del plano.
 - 2.7.Alfabeto del plano
 - o Ejercicios.
- 3.- Situación de la recta y el punto en el plano.
 - 3.1. Situación del punto en el plano
 - 3.2 Situación de la recta en el plano
 - 3.3. Determinar trazas de un plano definidas por dos rectas que se cortan.
 - 3.4. Determinar trazas de un plano definidas por una recta y un punto exterior.
 - 3.5. Determinar trazas de un plano definidas por dos rectas paralelas.
 - 3.6 Determinar trazas de un plano definidas por tres puntos.
- 4.- Intersección de planos y de rectas con planos.
 - 4.1 Intersección de planos.
 - 4.2 Intersección de una recta y un plano.
 - Ejercicio
- 5.- Paralelismo y perpendicularidad.
 - 5.1 Paralelismo entre rectas.
 - 5.2 Paralelismo entre recta y plano.
 - 5.3 Paralelismo entre dos planos.
 - 5.4 Perpendicularidad entre recta y plano.
 - 5.5 Plano perpendicular a una recta.
 - 5.6 Perpendicularidad entre planos.
 - 5.7 Perpendicularidad entre rectas.
- 6.- Mínimas distancias.
 - 6.1 Mínima distancia entre dos puntos
 - 6.2 Mínima distancia de un punto a un plano.
 - 6.3 Mínima distancia entre dos planos.
 - 6.4 Mínima distancia entre dos rectas paralelas.
 - 6.5 Mínima distancia de un punto a una recta.
- 7.- Poliedros.
 - 7.1 Introducción.
 - 7.2 Estudio de tres Posiciones características de un tetraedro respecto al PH.
 - 7.3 Estudio de tres Posiciones características de un hexaedro respecto al PH.

Presentación.


Este curso de intensificación ha sido creado con el objeto de desarrollar las habilidades espaciales, en los alumnos que acceden a primer curso de titulaciones de ingeniería utilizando un corto espacio de tiempo (aprox. 10 horas).

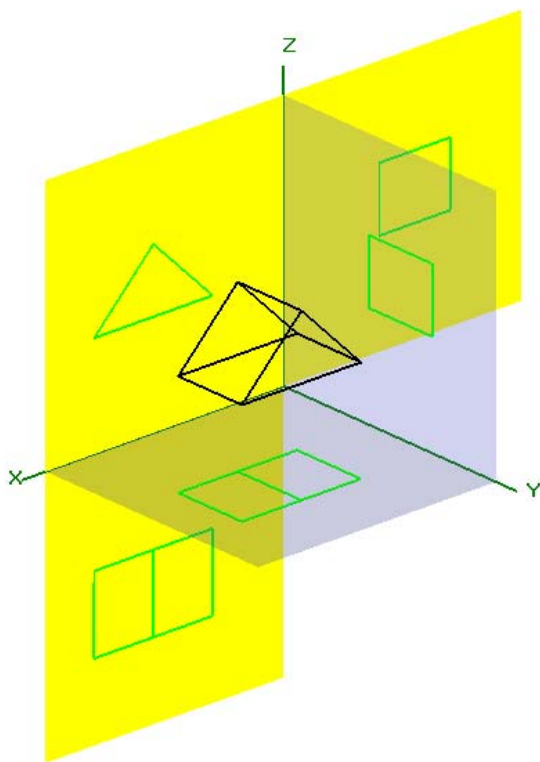
Este manual de apuntes está asociado a una aplicación informática **“DIEDRO-3D”**.

Esta aplicación, desarrollada por Francisco Albert Gil, del departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad Politécnica de Valencia, consiste en un visualizador tridimensional de los ejercicios y explicaciones que contiene este curso. El alumno puede interactuar sobre el modelo tridimensional, rotándolo en cualquier posición para facilitar su comprensión de la situación de los elementos en el espacio. También puede consultar las vistas diédricas desde el menú.

La herramienta es de muy fácil uso, teniendo varias teclas de control.

El alumno debe tener abierto la aplicación **“DIEDRO-3D”** en su ordenador, como asistencia a las explicaciones teóricas del profesor, o como asistente a su autoaprendizaje, para ello debe ejecutar el archivo: X:/DIEDRO-3D/diedro-3D

Los apuntes tienen asociado el archivo que debe consultar en cada momento de la siguiente forma:  01. nombre del archivo. Estos archivos se encuentran en la ruta: X:/DIEDRO-3D/EXPLICACIONES



1.- Introducción. Sistemas de representación.

1.1.- Necesidad de pasar de 3D a 2D.

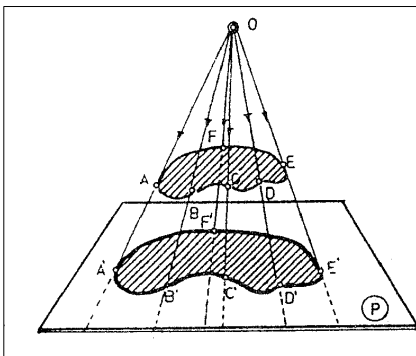
La geometría Descriptiva es la ciencia que pone a disposición del técnico, la posibilidad de representar cualquier figura del espacio en dos dimensiones. Es decir representar las 3 dimensiones en un papel, o sea 2 dimensiones.

Por lo tanto la principal propiedad de su uso es la reversibilidad, es decir, poder representar cualquier forma espacial en dos dimensiones, y lo contrario, obtener la forma espacial, a partir de su representación plana. En ambos casos la solución del problema ha de ser único.

La geometría Descriptiva, establece una correspondencia entre figuras de tres dimensiones, y de dos dimensiones. Esto se logra siguiendo distintos métodos, o sistemas de representación (sistema cónico, sistema acotado, sistema diédrico, sistema axonométrico).

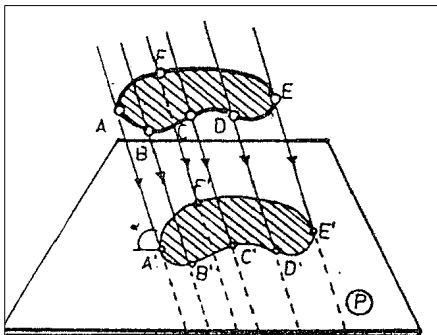
1.2.- Proyección. Clases de proyecciones. 🖐️ 01.01. Tipos de proyección

Se dice, que una figura de 3D, se proyecta desde el punto (O) sobre un plano (P) que no pasa por él, cuando se hallan sobre dicho plano las intersecciones de los distintos rayos proyectantes determinados por el centro de proyección y por los distintos puntos que componen la forma proyectada.



Según vemos en la figura, la forma del espacio (ABCDEG) se transforma en (A',B',C',D',E',F') en el plano por medio de una proyección.

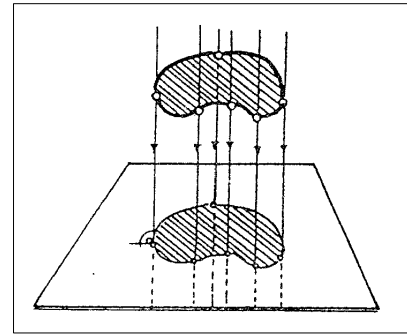
A esta forma de proyección desde un punto, la llamamos central o cónica.



Si el centro de proyección (O) es impropio, los rayos proyectantes resultaran paralelos, vemos análogamente el caso anterior, que la forma del espacio (ABCDEF) se proyecta produciendo otra forma plana en el plano (P), (A',B',C',D',E',F').

A este tipo de proyección la llamaremos cilíndrica, para diferenciarla de la anterior.

Un caso importante de la proyección cilíndrica, es aquella en que los rayos son perpendiculares al plano de proyección (P), es la que denominaremos proyección cilíndrica ortogonal.

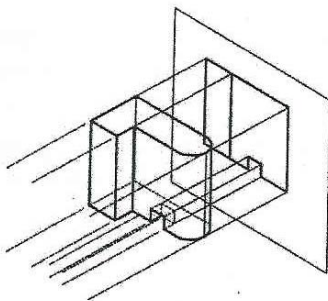


1.3.- Representación de Objetos mediante sus proyecciones Ortogonales.

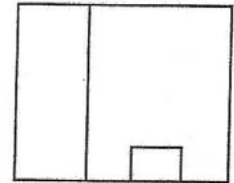
Una proyección ortogonal se obtiene trazando, por los puntos del cuerpo a proyectar, rectas de proyección perpendiculares al plano sobre el que se quiere proyectar (plano de proyección).

La proyección ortogonal presenta una serie de ventajas que hace que sea la más utilizada en dibujo técnico.

- Mantiene el paralelismo, la proporcionalidad, la verdadera forma y la verdadera magnitud.
- Facilita las construcciones y el cálculo geométrico.



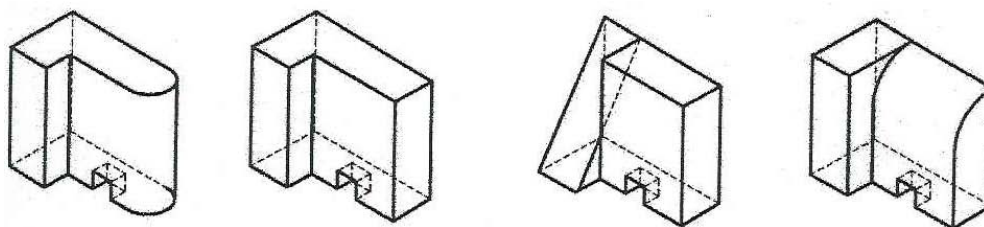
Proyección Ortogonal



Resultado de la Proyección

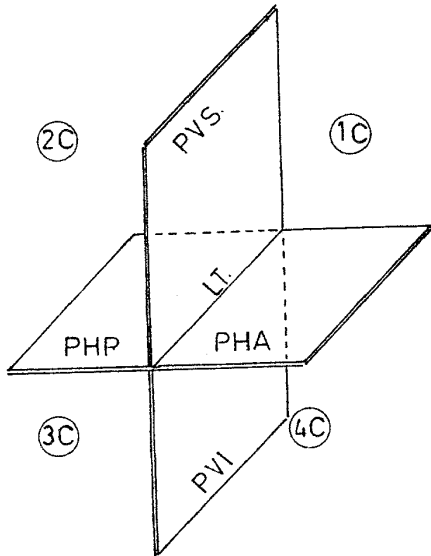
Podemos encontrarnos que al representar diferentes cuerpos, según la misma dirección y sentido, las proyecciones, correspondientes a cada cuerpo, sean exactamente iguales.

Por eso es **NECESARIO REPRESENTAR EL OBJETO MEDIANTE VARIAS PROYECCIONES.** (Véase figura).  01.02.Perfil



En el sistema diédrico, las proyecciones se realizan sobre los planos de proyección perpendiculares entre sí.

Vistas Normalizadas.

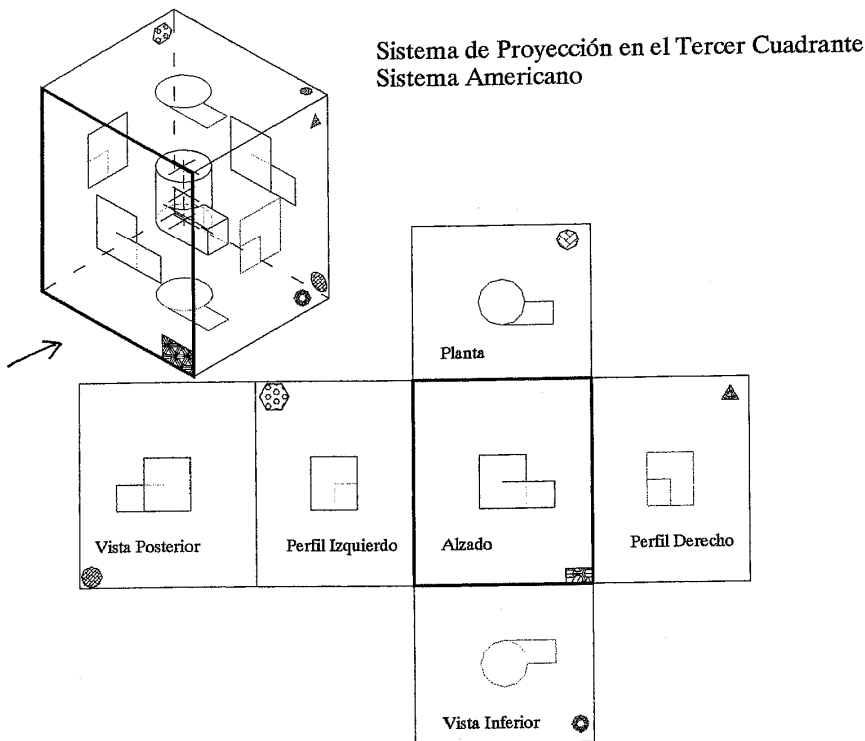


Tomando dos planos de proyección uno horizontal y otro vertical, al cortarse, dividen el espacio en cuatro cuadrantes.

Además de los planos horizontal y vertical, se utilizan los planos laterales o de perfil, perpendiculares a los anteriores. De esta forma tenemos tres direcciones de proyección que dan lugar a seis sentidos de proyección.

Si llamamos vistas a las proyecciones de cada una de las caras de la pieza o cuerpo a dibujar, tendremos seis vistas, una por cada cara del cubo.

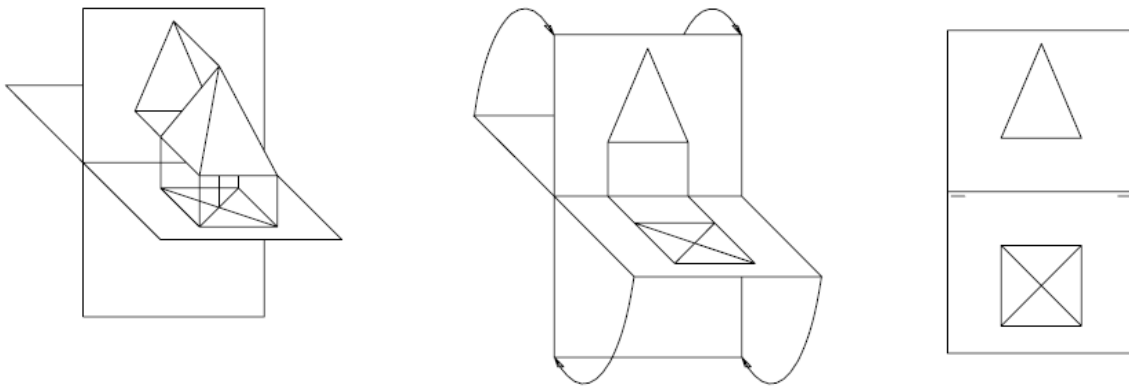
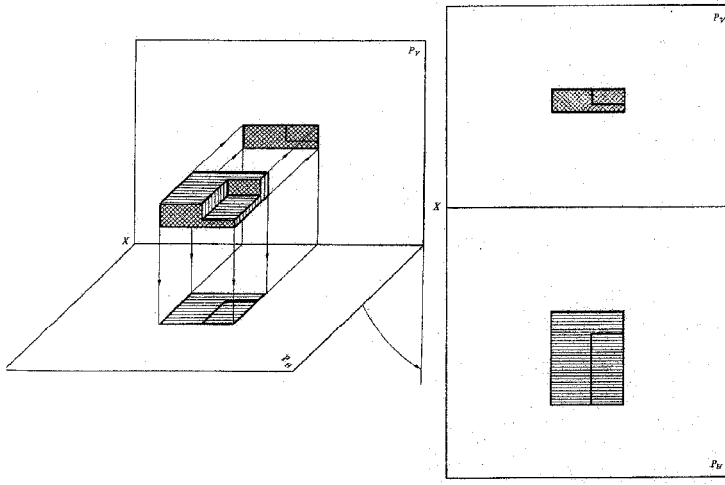
- Alzado o vista principal (vista de Frente)
- Planta o vista superior.
- Vista Lateral Izquierda (perfil Izquierdo)
- Vista Lateral Derecha. (perfil derecho)
- Vista Inferior (Paralela a la planta)
- Vista Posterior (Paralela al alzado)



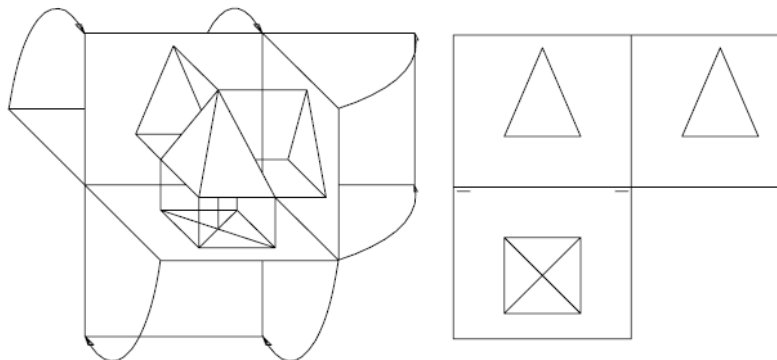
Posición de las Vistas. 01.03.Diedrico

Para obtener una disposición plana (representación en el papel) de estas vistas se abaten todos los planos de proyección sobre uno solo de ellos, el plano vertical.

Abatir un plano sobre otro es hacerlo girar alrededor de la intersección con el otro plano hasta que ambos coincidan.



Un objeto en sistema diédrico, puede quedar representado en dos dimensiones proyectándolo en tres planos, (horizontal, vertical y perfil), también identificados como **vistas**: planta, alzado y perfil del objeto.



2.- SISTEMA DIÉDRICO. REPRESENTACIÓN DE PUNTO, RECTA Y PLANO

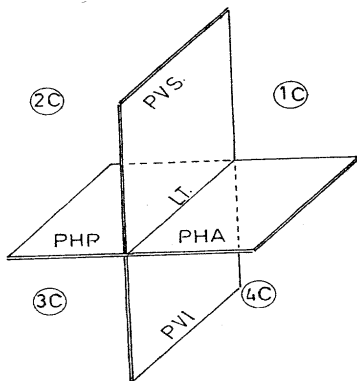
2.1. - Elementos y características del sistema diédrico.

El sistema está constituido por dos planos perpendiculares entre sí:

- Plano Vertical de proyección (PV).
- Plano horizontal de proyección (PH).

Los planos de proyección se cortan formando una línea, que la denominamos Línea de Tierra.

La línea de tierra divide a los planos de proyección en:



PHA.- Plano Horizontal anterior

PHP.- Plano Horizontal posterior

PVS.- Plano Vertical Superior

PVI.- Plano Vertical Inferior.

Los planos de proyección dividen al espacio en cuatro zonas iguales, que denominamos cuadrantes o diedros.

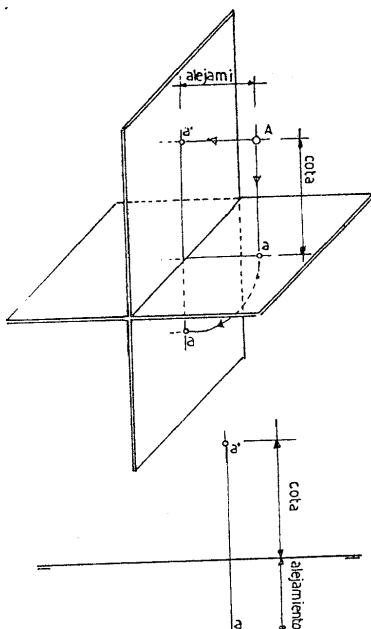
Estando el primer diedro comprendido entre el plano Horizontal anterior (PHA) y el PVS, la ordenación de

los tres siguientes en sentido inverso al movimiento de las agujas del reloj.

2.2.- Representación del punto. Proyecciones Diédricas del punto.

Para dibujar las proyecciones diédricas de un punto (A), obtenemos las sombras de él sobre el PV. (a') y sobre PH.(a), por medio de proyecciones cilíndricas ortogonales.

A la distancia que existe desde el punto (A) a su proyección horizontal (a), o sea al PH la denominamos **cota o altura**, y la que existe entre (A) y su proyección vertical (a'), o sea PV, **distancia o alejamiento**. 🖐️ 01. Proyección punto



Para conseguir la representación plana, giramos el plano horizontal (PH), sobre la línea de tierra (LT), hasta hacerlo coincidir con el vertical (PV), coincidiendo el PHA con el PVI, y el PHP con el PVS. De esta manera, tenemos confundidas ambas proyecciones en un solo plano, y podemos representar en el dibujo el punto (A), como vemos en la figura. La línea de tierra (LT), al representarla en el plano, pondremos dos guiones en los dos extremos de la línea, para indicar que el PHA está debajo de ella, por lo que el PVS estará encima.

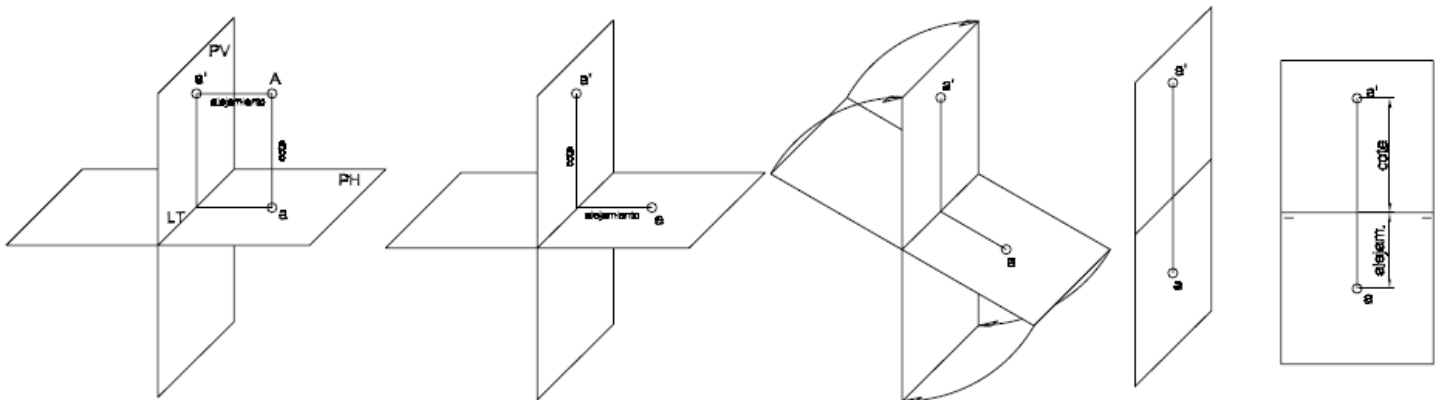
2.3.- Alfabeto del punto.

Un punto **A** se representará en sistema Diédrico mediante sus dos proyecciones: la proyección sobre el PHP a la que llamaremos **a**, y la proyección sobre el PVP a la que llamaremos **a'**.

La posición exacta de un punto **A** estará definida por la distancia del punto real A (en su posición del espacio) hasta los planos de proyección: Llamamos **alejamiento** a la distancia de A al PVP, y llamamos **cota** a la distancia de A al PHP. Ambos valores pueden ser positivos o negativos:

- El alejamiento será positivo cuando el punto esté en el 1º y 4º diedros (por delante del PVP) y negativo si está en el 2º o 3º diedros (detrás del PVP).
- La cota será positiva si el punto está en 1º o 2º diedros (por encima del PHP y será) negativa en 3º y 4º diedros (por debajo del PHP)

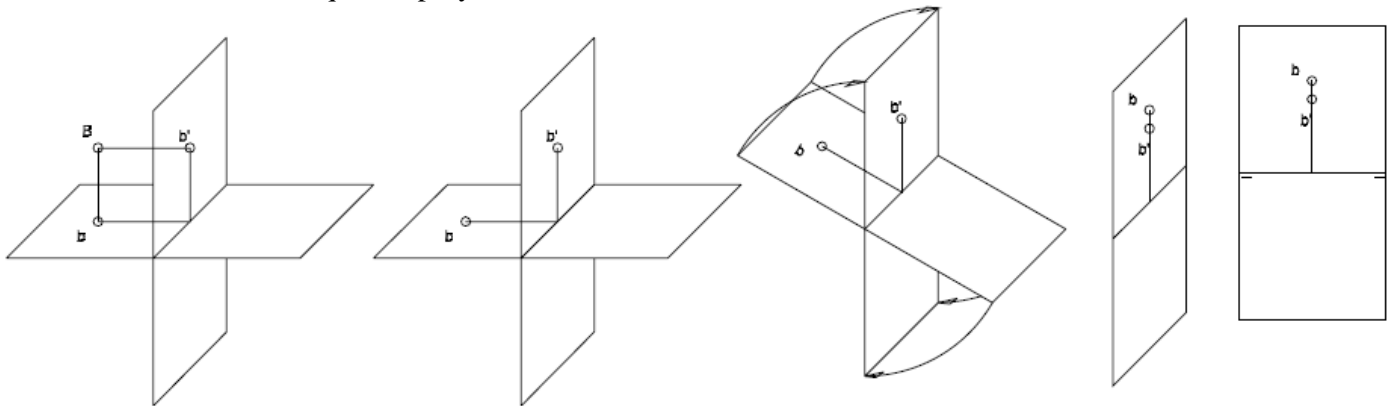
Puntos en el 1er cuadrante.-



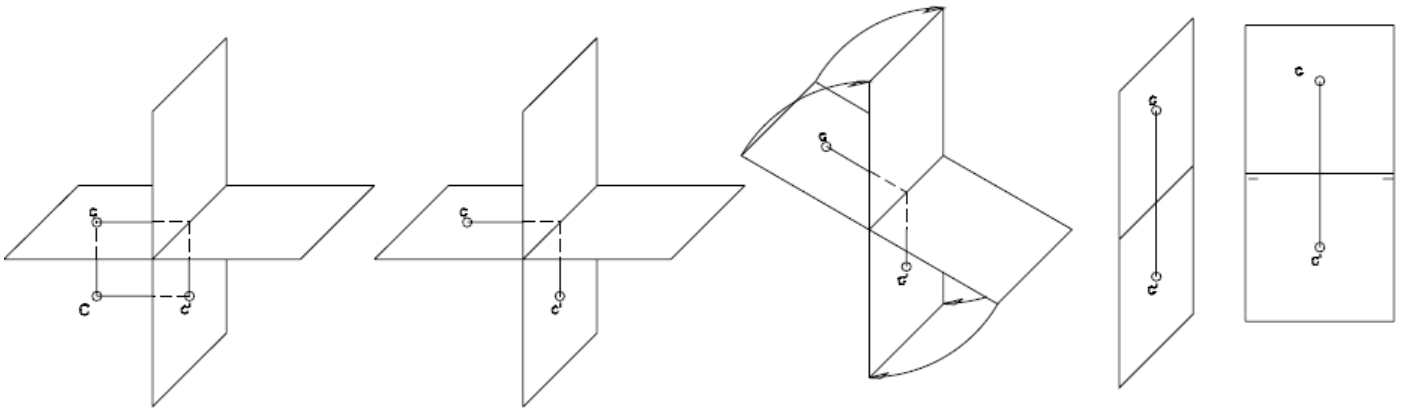
La particularidad de esta posición común a todos los puntos situados en el primer cuadrante es que sus proyecciones horizontales se hallan siempre situadas por debajo de la LT y que sus proyecciones verticales están por encima de ella.

Puntos en el 2º cuadrante.-

La condición, para que un punto representado en este sistema se halle en el 2º cuadrante, es que sus proyecciones se encuentren ambas en el PVS.

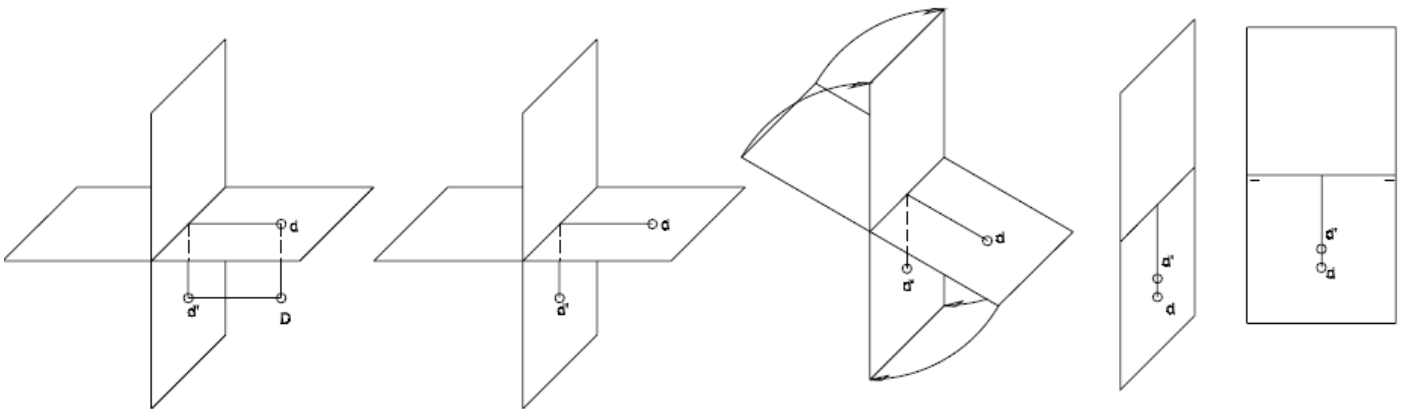


Puntos del 3er cuadrante.-



La proyección horizontal por encima de la LT y la proyección vertical por debajo.

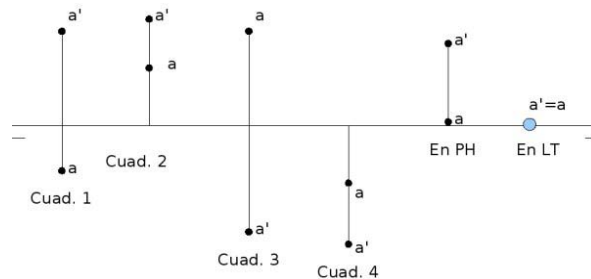
Puntos del 4º cuadrante.-



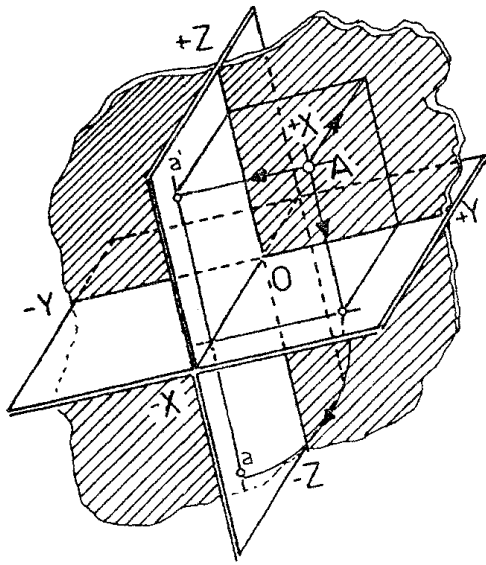
Las dos proyecciones se hallan por debajo de la LT, al mismo lado que los guiones. Lo cual también es lo contrario o inverso de lo que sucede en el 2º cuadrante.

Además de las posiciones, que hemos visto, en los cuatro cuadrantes, nos quedan por ver las proyecciones de aquellos puntos que están contenidos en los planos de proyección, tanto en el PV como en el PH.

Los puntos contenidos en el PH, carecen de cota y los contenidos en el PV carecen de alejamiento. El punto situado en la línea de tierra no tiene cota ni alejamiento, ya que está en el PH y PV a la vez.



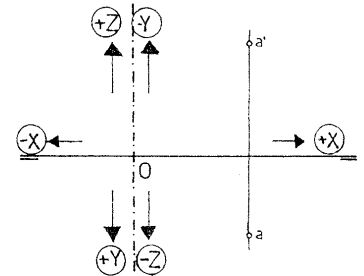
Representación de un punto por coordenadas.



Sitúo un plano perpendicular a los de proyección, a este plano lo llamaremos “plano cero de abscisa”.

Sobre el plano, que hemos tomado como auxiliar, relacionaremos las tres coordenadas que van a definir el punto, como queda expresado en el dibujo. $A(x,y,z)$, así queda representado el punto, siendo:

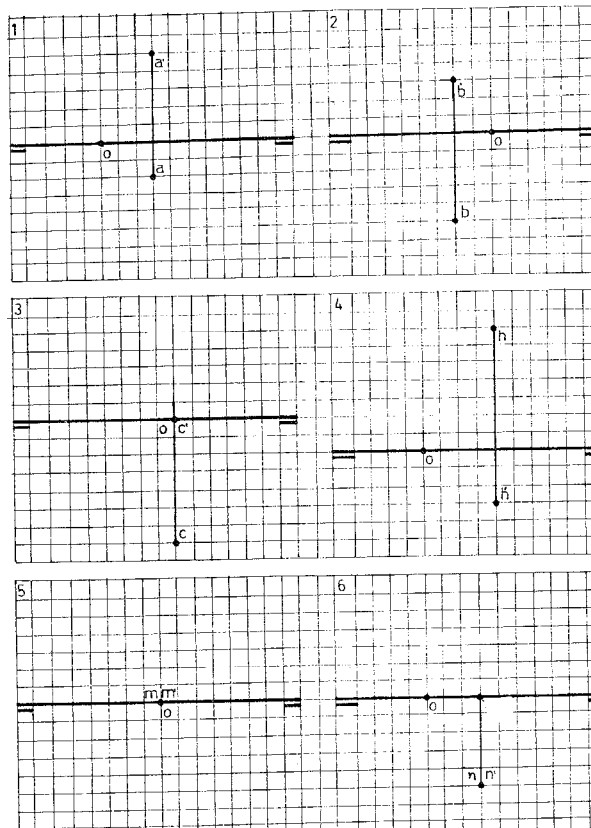
- x.- la abscisa.
- y.- el alejamiento.
- z.- la cota



Al construir el punto en proyección, nos guiaremos por los signos, en la posición que han de tomar sobre la LT.

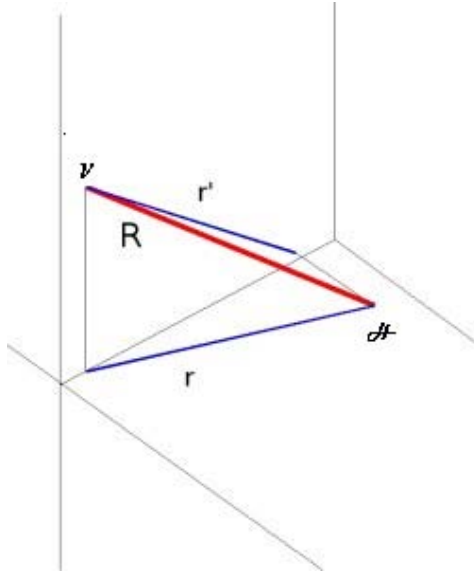
EJEMPLOS:

- A (3,2,5) B (-2,5,3) C (0,7,0) H (4,-7,-3) M (0,0,0) N (3,5,-5)



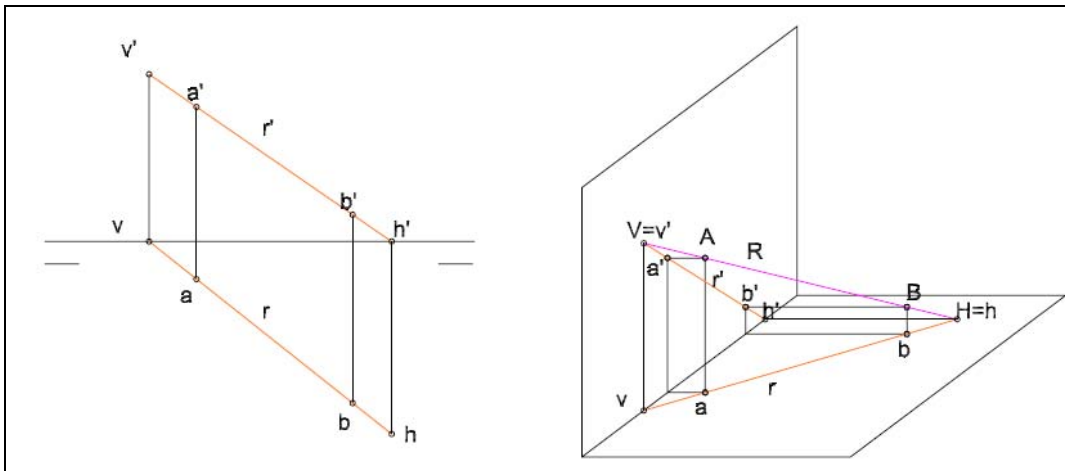
2.4. – Proyecciones diédricas de la recta. 02.01. Trazas recta

La recta esta representada por mediante dos de sus puntos y, por consiguiente, será una recta para cada una de sus proyecciones.



La recta (R) tendrá por proyecciones (r) **proyección horizontal** y (r') **proyección vertical**. Los puntos característicos de la recta son sus trazas.

Las trazas, son los puntos donde la recta corta a los planos de proyección, donde corta la recta al plano horizontal lo denominamos (H), que es la traza horizontal, y al plano vertical (V) traza vertical.




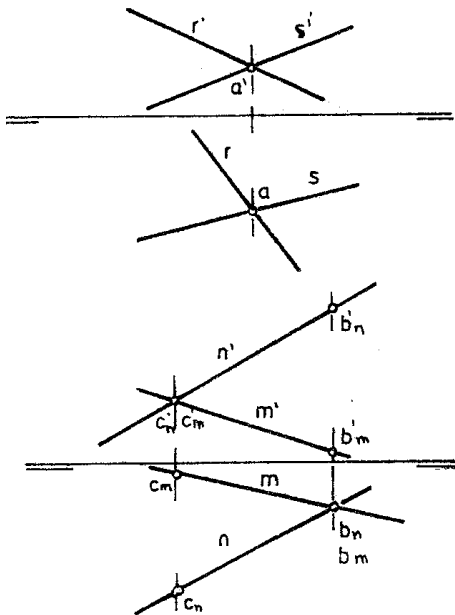
La forma de conseguir la proyección de las trazas (H y V), es bien sencilla; estos puntos están contenidos en los planos de proyección. Obtendremos las trazas de H (h, h') y de V (v, v').

Si conocemos las trazas de una recta, sabemos donde la recta cambia de cuadrante.

Consideramos únicamente como parte vista de una recta, aquella que esté en el 1º cuadrante, y oculta las demás partes. Los elementos que están en 2º,3º,4º cuadrante se representan en líneas discontinuas.

En este curso introductorio solamente trabajaremos en el primer cuadrante.

 02.02. Posiciones relativas de la recta



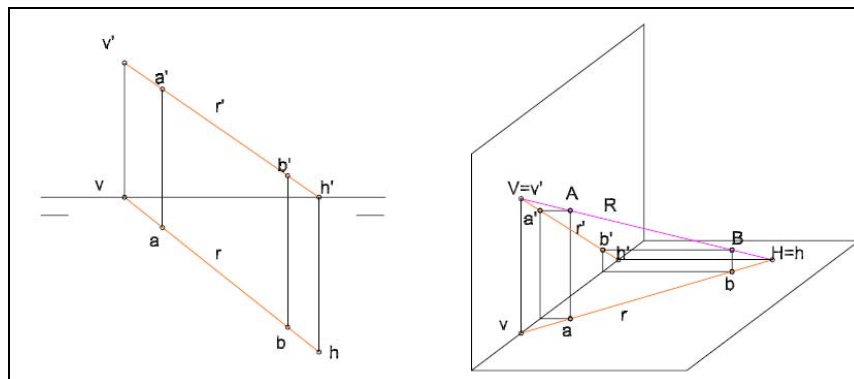
CONSIDERAMOS QUE: Dos rectas se cortan en el espacio si las proyecciones del mismo nombre se cortan en puntos que están en una misma perpendicular a LT, así las rectas (R) y (S) se cortan en el punto (A) del espacio. Las rectas (M) y (N) se cruzan en el espacio, pues las proyecciones horizontales (n) y (m) se cortan en (b) y las verticales (n´) y (m´) se cortan en (c´) y estos puntos no son las proyecciones de un mismo punto en el espacio.

2.5. Alfabeto de la Recta.

Se llama alfabeto de la recta a la representación de las posiciones relativas de la recta con respecto a los planos de proyección.

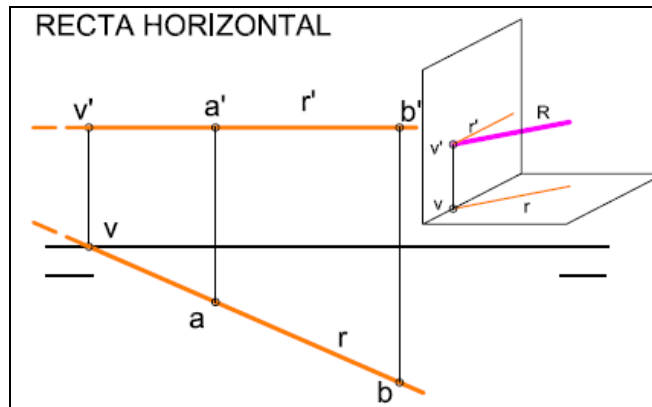
Recta Oblicua.

Es aquella que corta a los dos planos de proyección sin tener características especiales. El ejemplo de este tipo de recta es el caso general de recta.



- Recta Horizontal. 02. Recta horizontal

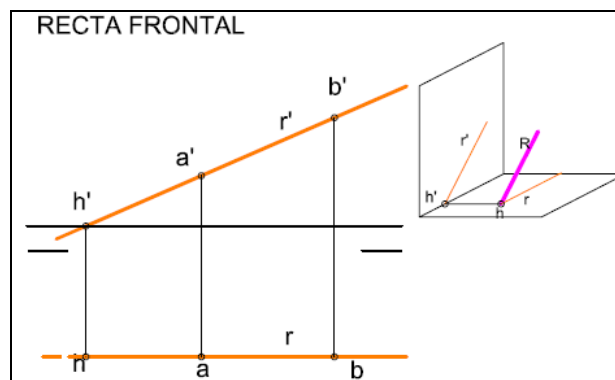
La recta (R), es paralela al plano horizontal, tiene todos sus puntos a la misma cota, de forma que su proyección vertical (r') es paralela a la LT , y su proyección horizontal (r) cualquier posición.



- Recta Frontal. 03. Recta frontal

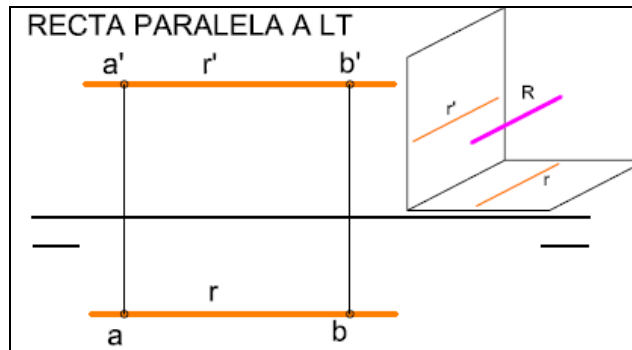
La recta (R) se denomina frontal por ser paralela al plano vertical de proyección, advirtiéndose que tal denominación no implica que la recta sea perpendicular al plano vertical sino tan solo paralela a dicho plano.

Esta recta carece de traza vertical, mejor dicho su traza vertical es un punto impropio pues su característica es que todos sus puntos se hallen a la misma distancia o alejamiento de dicho plano vertical de proyección.



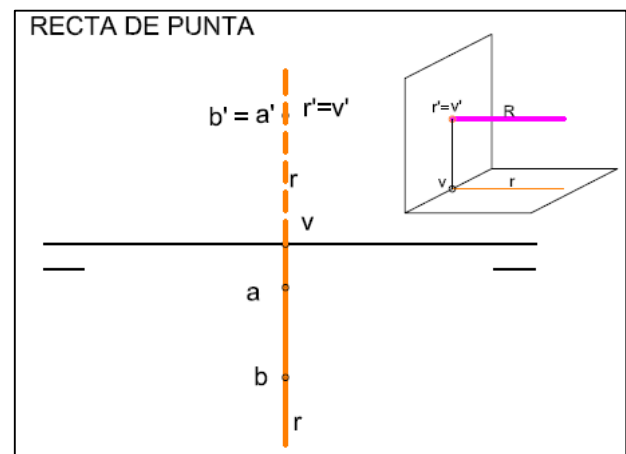
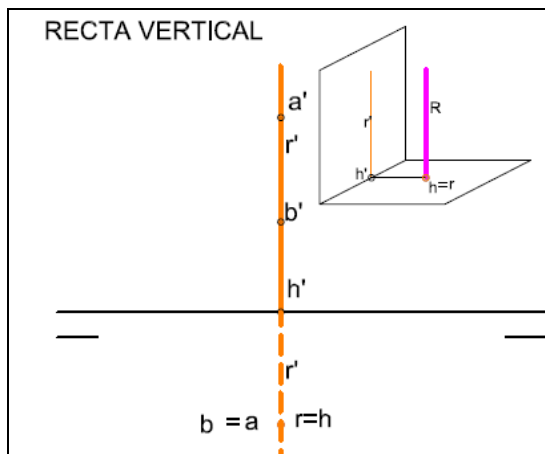
- Recta Paralela a la Línea de Tierra. 🖐️ 04. Recta Paralela línea tierra

La recta (R) por ser paralela a la línea de tierra, goza de las propiedades comunes ala a horizontal y a la frontal; es decir, se trata de una recta cuyos puntos están todos igualmente alejados del plano horizontal y del plano vertical, o lo que es lo mismo, de la LT, motivo por el cual carecerá de trazas sobre dichos planos, siendo su representación la que sus proyecciones son paralelas a la LT.



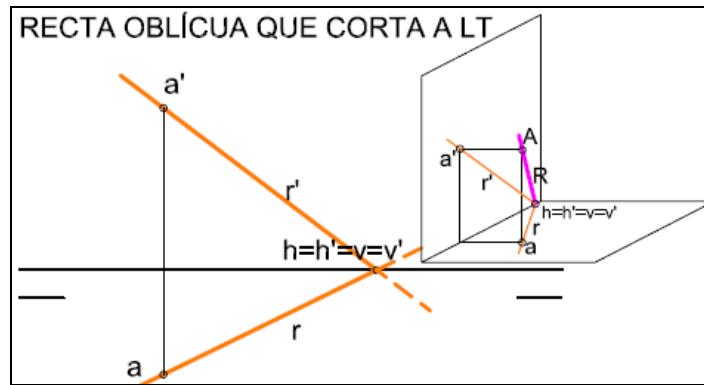
- Rectas de Punta. 🖐️ 05. Recta vertical

Se llama recta de punta aquella que es perpendicular a un plano de proyección. Como estas direcciones son dos, también existen dos posiciones de la recta de punta: es perpendicular al plano horizontal (recta vertical) y es perpendicular al plano vertical (recta de punta).



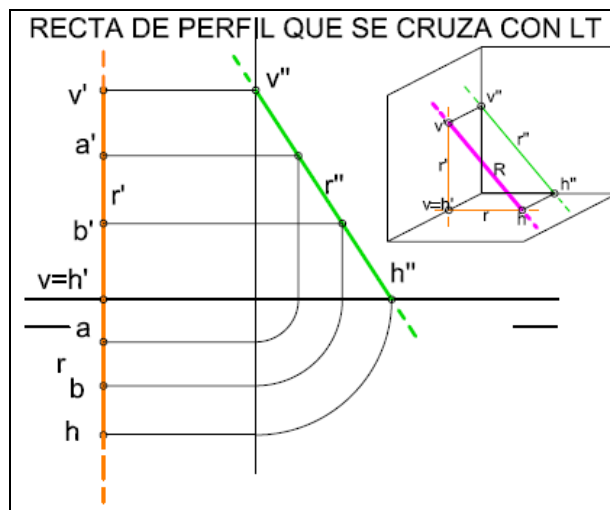
- Recta que corta a la LT. 06. Recta que corta LT

Esta recta al pasar por la LT, da lugar a que sus proyecciones (r) y (r') han de pasar por el mismo punto de la LT para que corresponda su representación a la recta del espacio.



- Recta de Perfil.

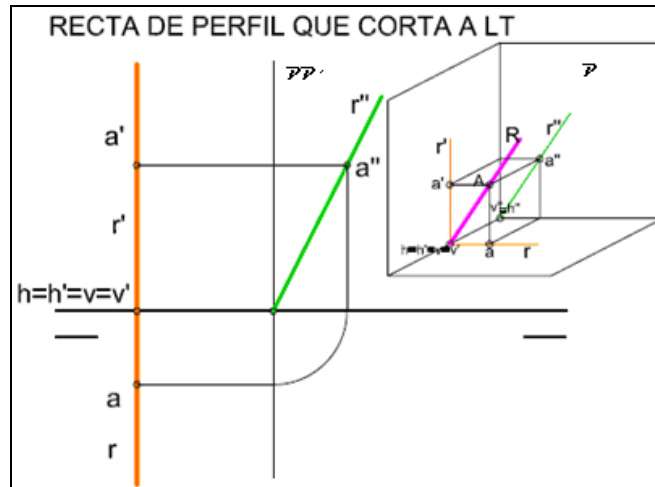
Esta recta al tener sus proyecciones confundidas resulta así indeterminada, por ser ambas perpendiculares a la LT.



Esto al parecer, podría indicarnos el que la recta tuviera sus proyecciones confundidas y esto motiva el que se tenga que definir la recta de perfil mediante las proyecciones de dos cualesquiera de sus puntos, tales como (A) y (B), mediante sus proyecciones ($a-a'$) y ($b-b'$).

Para determinar con sencillez las trazas de una recta de perfil recurriremos a la llamada “proyección vertical segunda” que va a consistir en utilizar un plano auxiliar (P) de

proyección, que sea perpendicular a la LT, haciendo después su coincidencia con el plano vertical de proyección, es decir con el plano del dibujo.



- Recta situada en un plano de proyección.
 - Contenida en el PV.

La proyección vertical será ella misma, su proyección horizontal estará situada en la LT ya que todos sus puntos tienen de alejamiento cero.

(Dibujar)

- Contenida en el PH

La proyección horizontal será ella misma, su proyección vertical estará en la LT, ya que todos sus puntos tienen de cota cero.

(Dibujar)

Dibujar las proyecciones de las rectas en sistema diédrico.

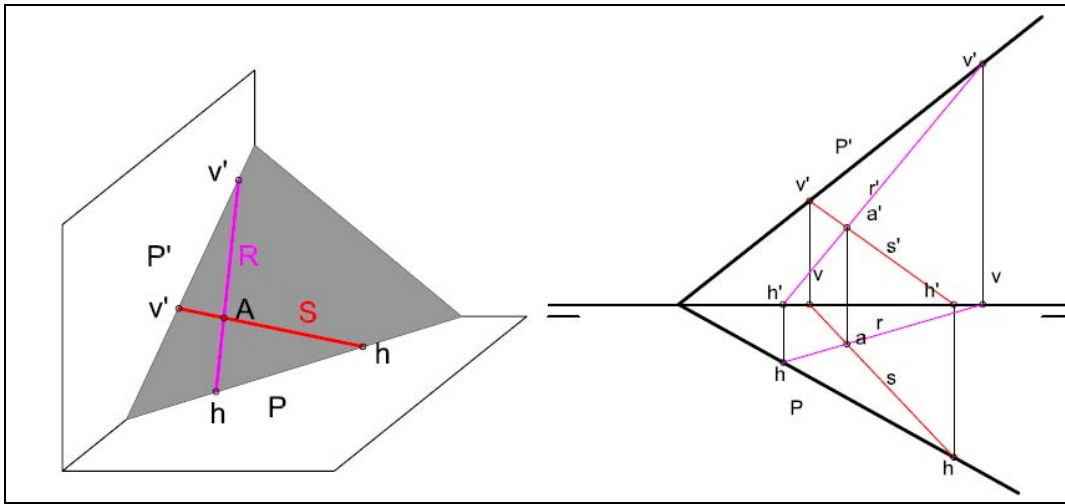
Dibujar las rectas que se proponen en el espacio.

<p>The diagram shows a horizontal ground line with a line r drawn on it. Points h, a, and b are marked on r. Vertical projection lines are drawn from h, a, and b to a horizontal line representing the ground line. On this vertical line, points h', a', and b' are marked. A line r' is drawn through h', a', and b'. A horizontal line h' is drawn through h'.</p>	
<p>The diagram shows a horizontal ground line with a vertical line r' drawn above it. A small circle with a dot is labeled r below the ground line.</p>	
<p>The diagram shows a horizontal ground line with a vertical line r drawn below it. A small circle with a dot is labeled r' above the ground line.</p>	
<p>The diagram shows a horizontal ground line. Two lines, r' and r, originate from a point on the ground line and extend upwards and downwards at an angle.</p>	

2.6. Proyecciones diedricas del plano. 07-00. Trazas del plano

Un plano puede quedar definido de la siguiente forma:

- Por dos rectas que se cortan.
- Por dos rectas paralelas
- Por tres puntos no alineados.
- Por una recta y un punto exterior a ellas.



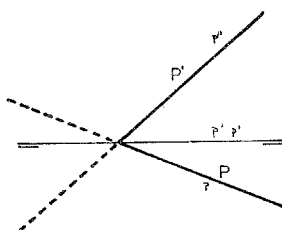
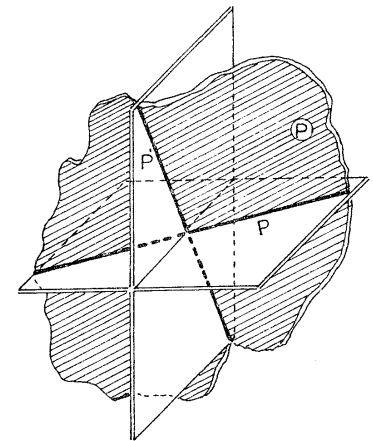
Para representar el plano se utilizan las trazas V y H de dos rectas contenidas en dicho plano. 07-01. Rectas notables del plano

Los planos se representan en diédrico por su trazas P y P' que son las rectas de intersección del plano con los planos de proyección (PV y PH).

Las trazas del plano (PP') deben contener las trazas de las rectas que se encuentran en dicho plano, como es el caso de las rectas R y S que se cortan entre sí y lo definen.

Para hallar las trazas PP' de un plano sólo tenemos que buscar las trazas de la recta que lo definen y unir las.

- Si unimos las v' de las dos rectas tenemos P', traza vertical.
- Si unimos las h de las dos rectas tenemos P, traza horizontal.



En la representación de las trazas de un plano, tan solo representamos las partes vistas de él, (P') que está en el PVS y (P) que está en PHA. No representamos el resto por evitar líneas pero siempre que la necesitemos podemos prolongarlas.

Cuando se trata de un plano definido por dos rectas paralelas, se

resuelve igual que lo expuesto con anterioridad, uniendo v' y h de las dos rectas.

Si se trata de hallar un plano cuando se conocen tres puntos, no alineados, procedemos a resolverlo uniendo los puntos para crear dos rectas y procedemos de la forma anterior.

Cuando se conoce una recta y un punto lo mas cómodo es realizar una recta paralela a por el punto y proceder como antes, o bien elegir un punto de la recta y trazar otra recta con el punto elegido y el punto exterior, de esta forma tenemos dos rectas y por tanto podemos proceder como antes.

2.7.- Alfabeto del plano.

Los planos pueden tener múltiples posiciones en el espacio. En función de su relación con los de proyección podremos clasificarlos en:

- Plano Horizontal.  07-Plano horizontal


Llamamos plano horizontal, a aquel que es paralelo al plano horizontal de proyección.

- Plano Frontal.  08-Plano frontal

Aquel que es paralelo al plano vertical de proyección.

- Plano Vertical o proyectante al horizontal.  09-Plano Proyectante horizontal

Por razones análogas a las expuestas para el plano de Canto y al ser perpendicular al plano horizontal de proyección, está caracterizado porque su traza vertical (P'), es perpendicular a la LT, y por lo mismo, todo lo que esté contenido en él es proyectado horizontalmente sobre su traza horizontal (P).

- Plano proyectante vertical o de Canto.  10- Plano Proyectante vertical

Este plano es perpendicular al plano vertical de proyección y recibe también el nombre de proyectante vertical.

Tiene la particularidad de que su traza horizontal ha de ser perpendicular a la LT. Por ser proyectante tiene una característica que utilizaremos con frecuencia, es la de que cualquier elemento contenido en él, se proyecta verticalmente sobre su traza vertical (P').

- Plano Paralelo a la LT.  11-Plano Paralelo a LT

Sabiendo que todo plano esta representado por sus trazas y que estas tienen común un punto sobre la LT, al ser este plano paralelo a ella, dicho punto será impropio y, por lo tanto, sus trazas (P - P'), resultaran paralelas a dicha LT.

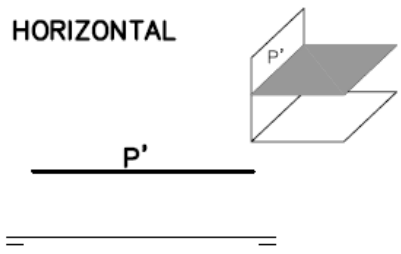
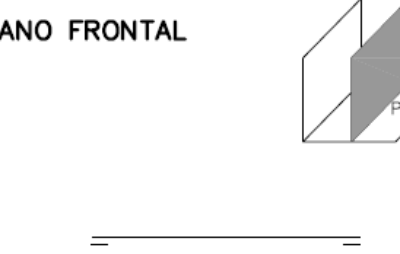
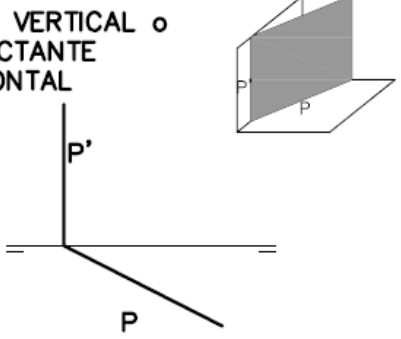
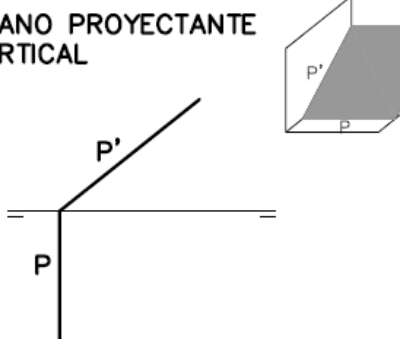
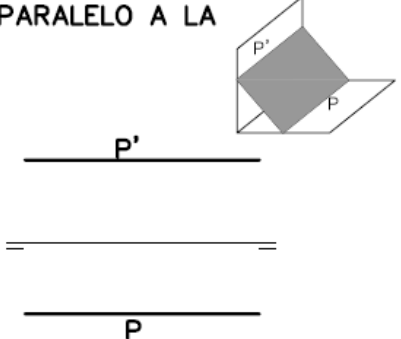
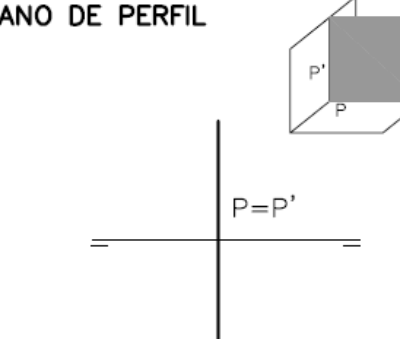
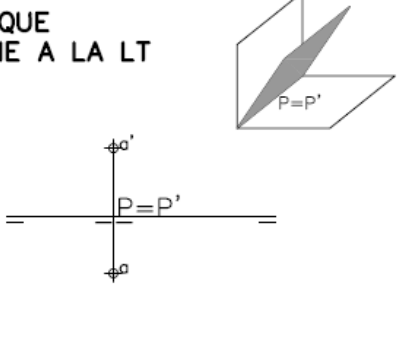
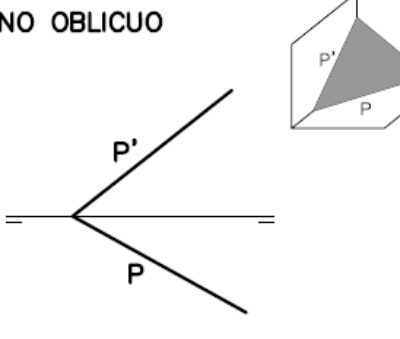
- Plano de Perfil.  12-Plano de perfil

Este plano es perpendicular a la vez a los dos planos de proyección, tiene la particularidad de que sus dos trazas son perpendiculares a LT, y están confundidas.

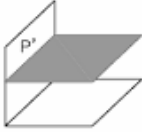

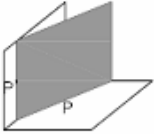
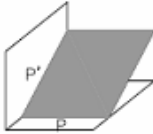
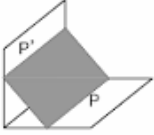
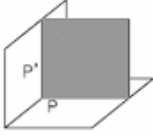
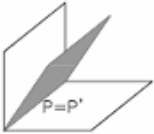
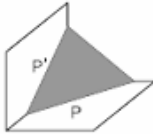
Tiene la misma propiedad que los dos planos anteriores, todo lo que esté contenido en él se proyectará sobre sus trazas.

- Plano que pasa por LT.  13-Plano que contiene a LT

Al estar confundidas sus trazas sobre la LT, queda indeterminada la posición del plano, será preciso individualizar su posición mediante un punto que este contenido en él. De este modo el plano queda determinado.

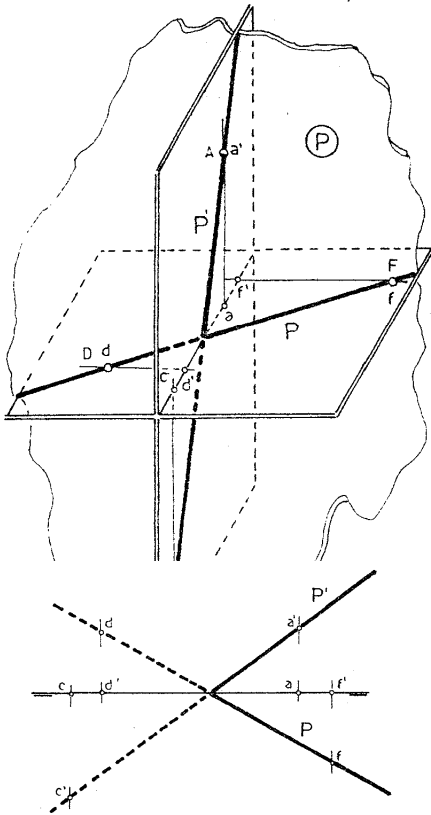
<p>PLANO HORIZONTAL</p> 	<p>PLANO FRONTAL</p> 
<p>PLANO VERTICAL o PROYECTANTE HORIZONTAL</p> 	<p>PLANO PROYECTANTE VERTICAL</p> 
<p>PLANO PARALELO A LA LT</p> 	<p>PLANO DE PERFIL</p> 
<p>PLANO QUE CONTIENE A LA LT</p> 	<p>PLANO OBLICUO</p> 

EJERCICIOS PROPUESTOS. Dibujar las trazas de los planos propuestos.

<p>PLANO HORIZONTAL</p>  <p>=====</p>	<p>PLANO FRONTAL</p>  <p>=====</p>
<p>PLANO VERTICAL o PROYECTANTE HORIZONTAL</p>  <p>=====</p>	<p>PLANO PROYECTANTE VERTICAL</p>  <p>=====</p>
<p>PLANO PARALELO A LA LT</p>  <p>=====</p>	<p>PLANO DE PERFIL</p>  <p>=====</p>
<p>PLANO QUE CONTIENE A LA LT</p>  <p>=====</p>	<p>PLANO OBLICUO</p>  <p>=====</p>

3.- SITUACION DE LA RECTA Y EL PUNTO EN EL PLANO.

3.1- Situación del punto en el plano.



Para situar las proyecciones de un punto cuando está contenido en un plano, nos encontramos con dos posibilidades:

- 1.- El punto está en el plano y además está en uno de los planos de proyección
- 2.- El punto no esté en los planos de proyección.

La primera variante, cuando los puntos están contenidos en los planos de proyección, es lógico que tienen que estar en lo que hay de común entre los dos, o sea, en las trazas de los planos, luego su solución es directa.

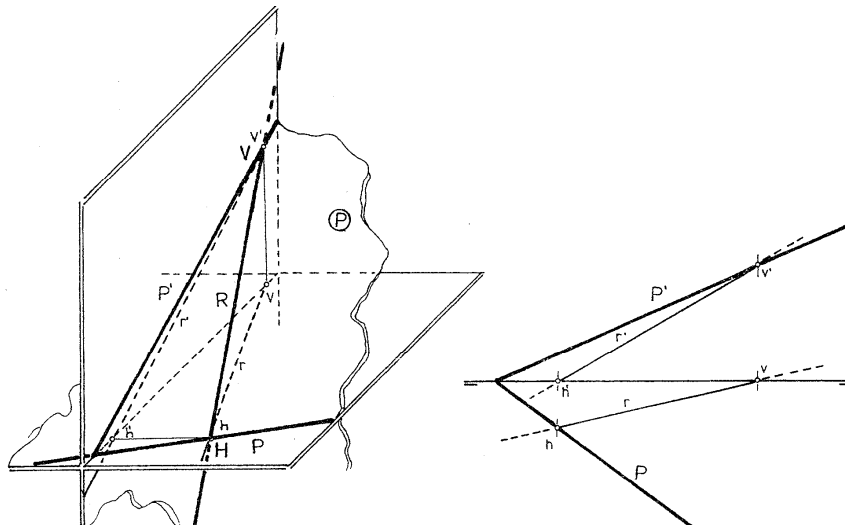
La segunda variante, se plantea apoyándonos en alguna recta que estando contenida en el plano, pase por el punto.

3.2- Situación de la recta en el plano. 14-Recta en Plano

Caso A. - Cuando la **recta es del tipo oblicuo**, o sea cuando tiene dos trazas.

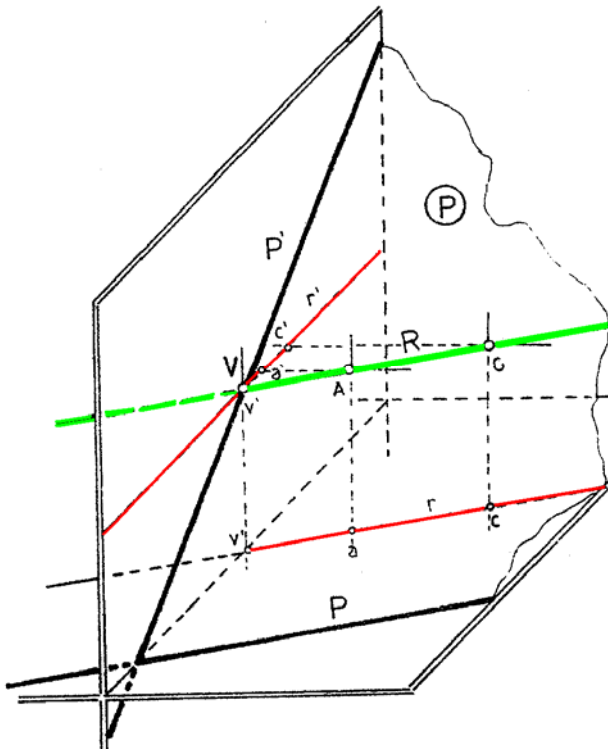
Una recta estará contenida en un plano cuando: las trazas de la recta están situadas sobre las trazas del mismo nombre del plano.

La recta (R) está situada en el plano (P), por estar (v') sobre (P') y (h) sobre (P).



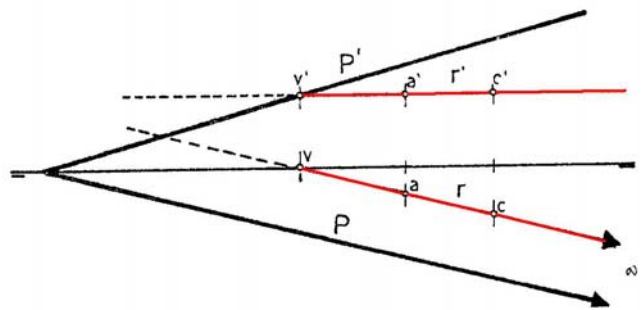
Caso B. - Cuando la **recta es del tipo horizontal o frontal**, o sea, cuando tiene una sola de sus trazas.

- Horizontal del plano.



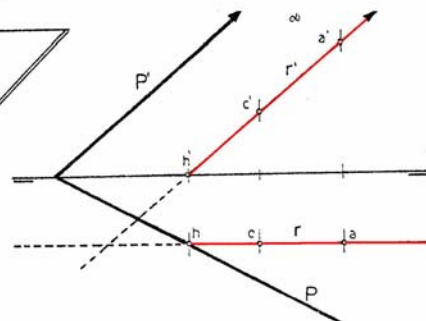
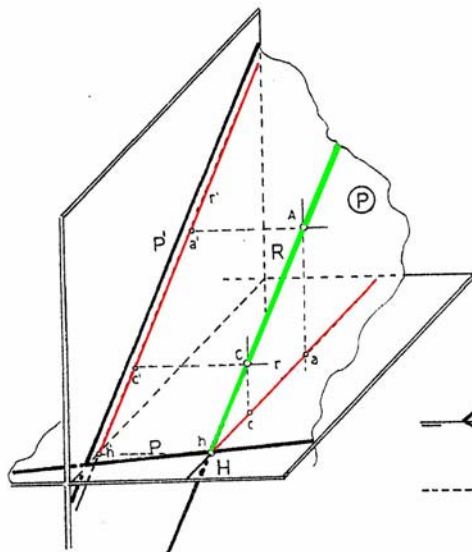
(r') ha de ser paralela a la LT., y que (r) ha de ser paralela a la traza horizontal del plano (P).

La traza (V) ha de ser un punto de la traza vertical del plano (P); por tanto trazando la proyección vertical (r'), se hallará el punto (v'), que se referirá a la LT (v), por ser un punto del plano vertical, y desde él trazaremos (r), paralela a (P), traza horizontal del plano (P).



- Vertical del plano. (Frontal)

Por el mismo planteamiento que hemos deducido la horizontal, lo aplicaremos a la vertical, viendo que (r') nos queda paralela a la traza (P') del plano (P).

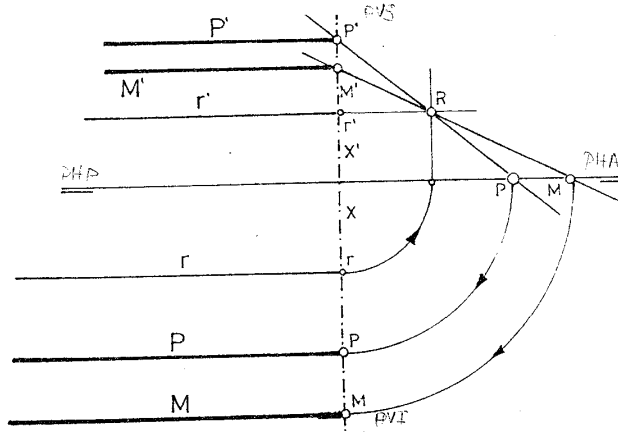
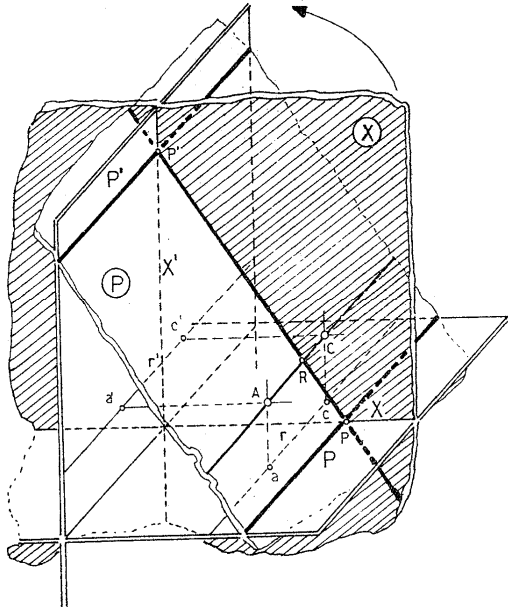


Caso C. - Cuando la recta no tiene trazas como la recta “paralela a la LT”.


En este caso, no hay más mecánica que llevarnos la recta al espacio para poder dibujar el plano o los planos que la contengan.

Para ello, cortaremos el sistema por un plano auxiliar de perfil (X),

El problema es fácil deducirlo fijándonos en el dibujo. El plano M también contiene a la recta (R).

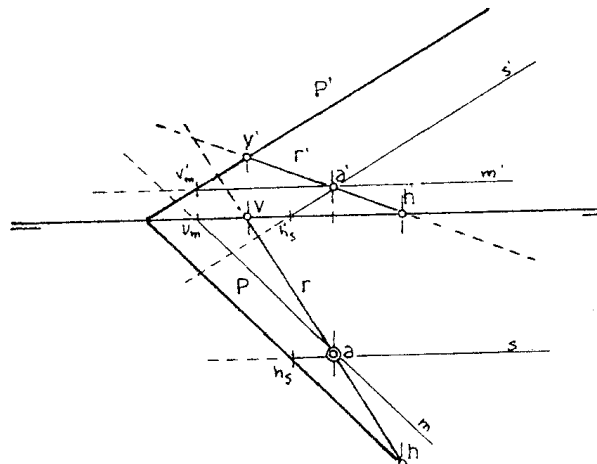
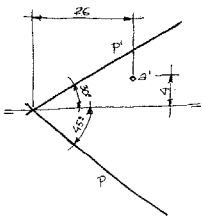


Ejemplo: Situación del punto en el plano cuando el punto tiene cota y alejamiento.

 15-Punto en Plano

Ahora estamos en condiciones de realizar el problema. Tan solo, con tomar una recta que pase por sus proyecciones y ella esté contenida en el plano dado, se resolverá el problema.

PROBLEMA. Conociendo la proyección vertical del punto (A); (a'), y sabiendo que el punto (A) está contenido en el plano (P), dibujar su proyección horizontal (a). En la resolución se muestran tres posibles soluciones (R como recta oblicua, S como recta frontal, y M como recta horizontal).



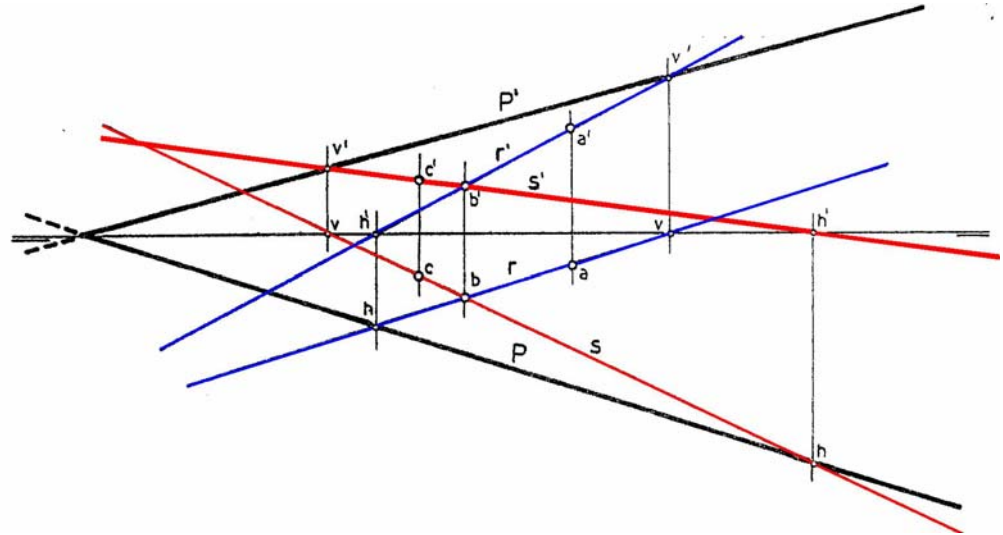
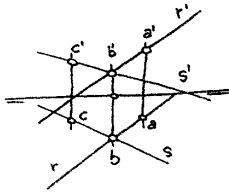
3.3- Determinación de las trazas de un plano definidas por dos rectas que se cortan.

16-Plano dos rectas que se cortan

Conociendo dos rectas (R) y (S), las trazas del plano que definen, serán las rectas que definen las trazas de las rectas, o sea, (v'-v) y (h-h).

PROBLEMA. Determinar las trazas del plano (P) que viene definido por las rectas (R) y (S). Sabiendo que se cortan en el espacio.

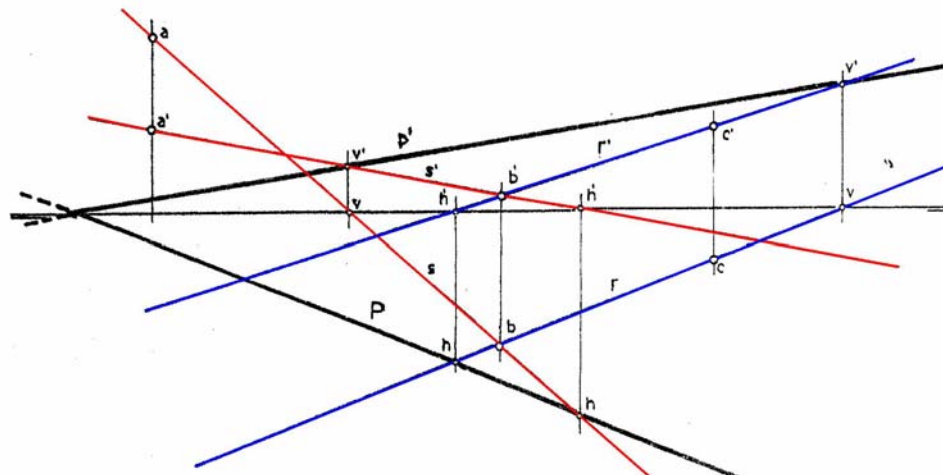
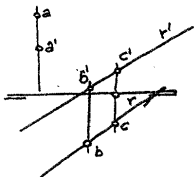
(R)—A(19,6,19) y B(0,11,8) (S)—C(-8,7,10) y D(0,11,8)



3.4 - Determinar las trazas de un plano definidas por una recta (R) y un punto (A), exterior a ella.

Los puntos B y C, definen una recta. Podemos dibujar una recta (S) que pasando por (A) corte a la recta (R), este punto de corte puede ser B. Es decir trazamos la recta AB. Con estas dos rectas trazamos el plano que las contiene.

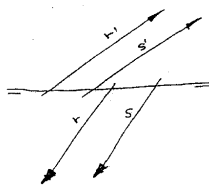
PROBLEMA. Determinar las trazas del plano definido por la recta (R) y el punto (A). (R) — B(-40,26,3) y C(0,10,15) y el punto A(-105,-33,15)



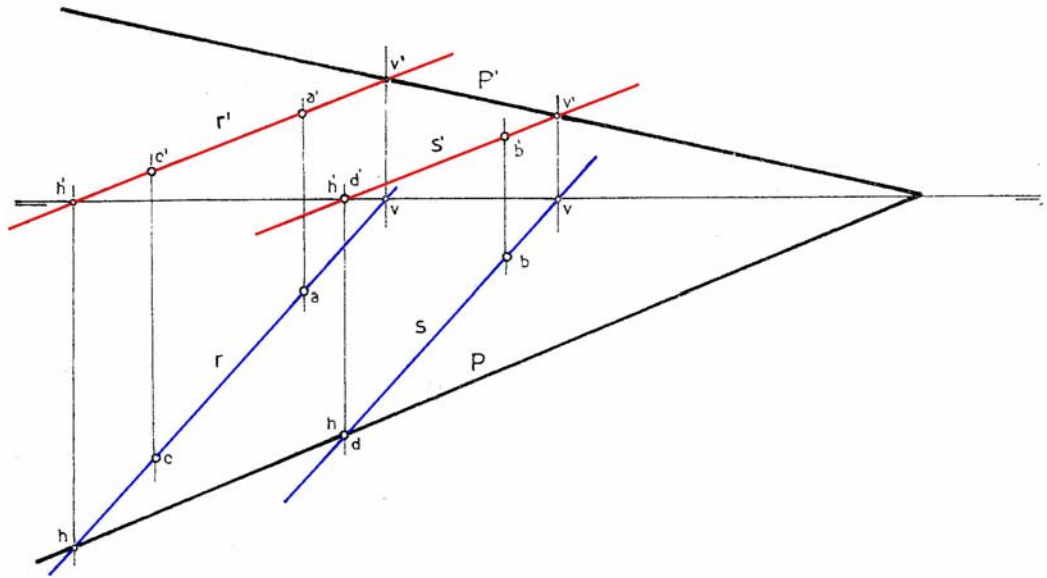
3.5.- Determinar las trazas de un plano, definido por dos rectas paralelas.

Dos rectas son paralelas cuando sus proyecciones también lo son.


Haremos el mismo planteamiento que para dos rectas que se corten.



PROBLEMA. Dibujar las trazas del plano que contiene a las dos rectas (R) y (S), cuando son paralelas. (R) – A(0,17,16) y C(-28,48,5) (S)—B (32,11,11) y D(8,43,0)

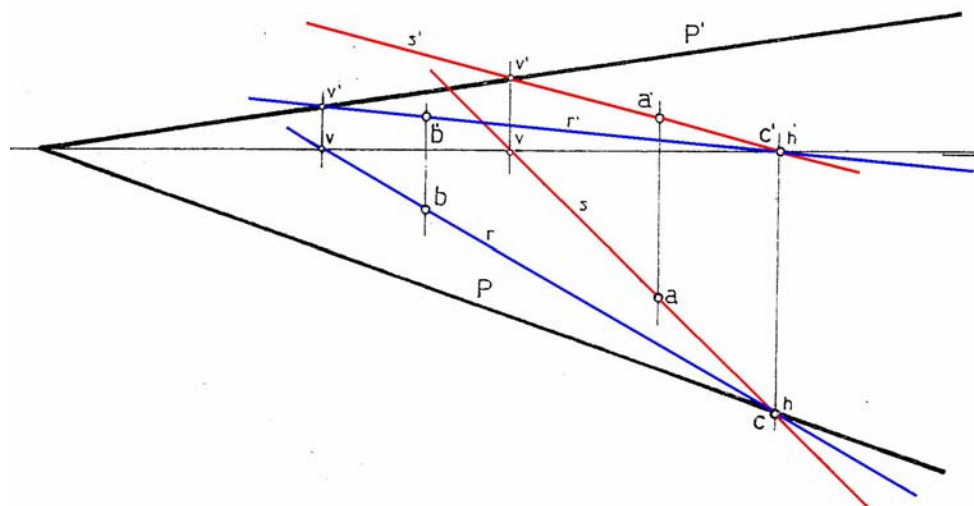
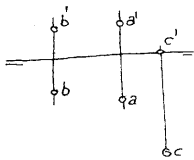


3.6.- Determinar las trazas de un plano, definido por tres puntos no alineados.

 17-Plano que pasa por tres puntos

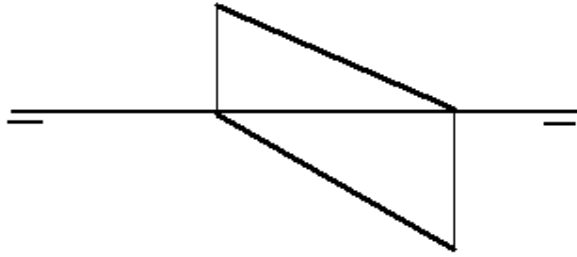
Siempre podré dibujar una recta que pase por dos de los puntos y una segunda recta que pasando por el tercer punto, corte o sea paralela a la anterior.

PROBLEMA. Dibujar las trazas del plano (P) que esta definido por los puntos: A(42,26,6) B(0,11,6) C(63,46,0)

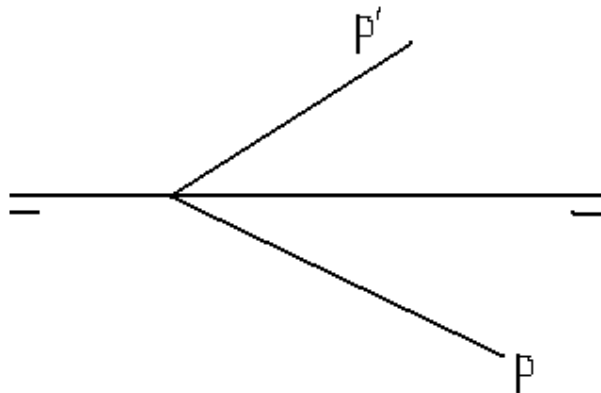


EJERCICIOS

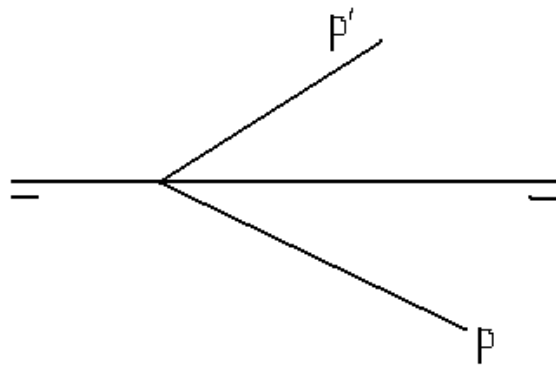
1.- Nombra las trazas de la recta (v v' h h'). Dibujar un punto que esté contenido en la recta



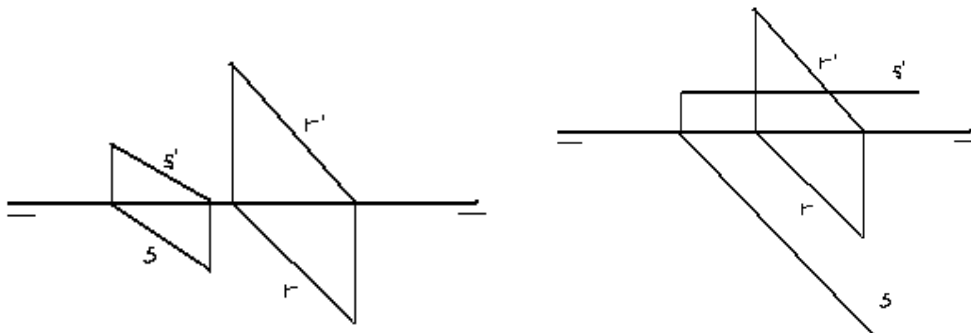
2.- Dibujar una recta que esté contenida en el plano P.



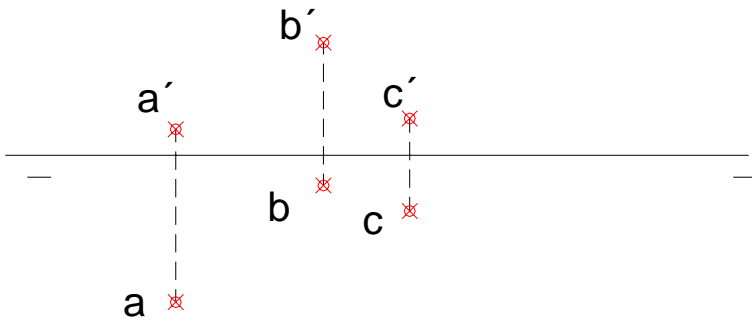
3.- Dibujar un punto en el plano P



4.- Conocidas las rectas R y S dibujar el plano que las contiene a las dos.



5.- Conocidos tres puntos, dibujar el plano que los contiene.

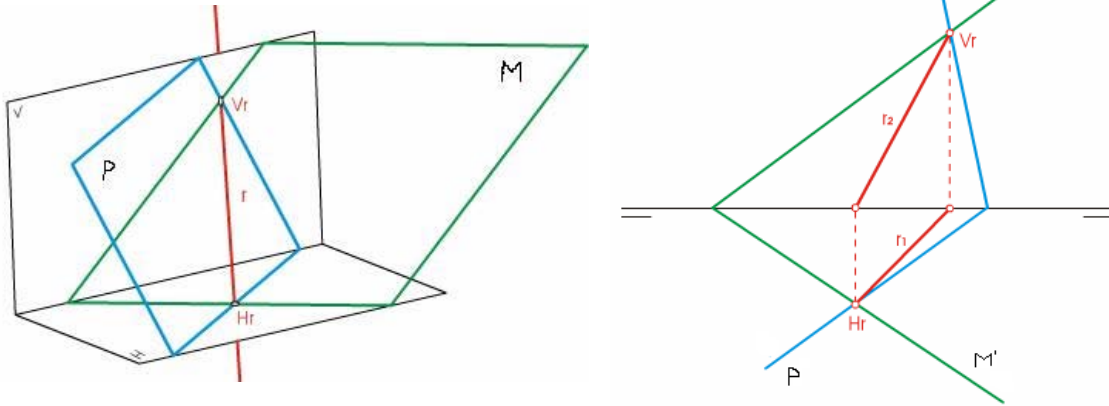


4.- INTERSECCIÓN DE PLANOS Y DE RECTAS CON PLANOS.

4.1.- Intersección de planos. 18-Intersección Planos Oblicuos

Sabemos que la intersección de dos planos es una recta.

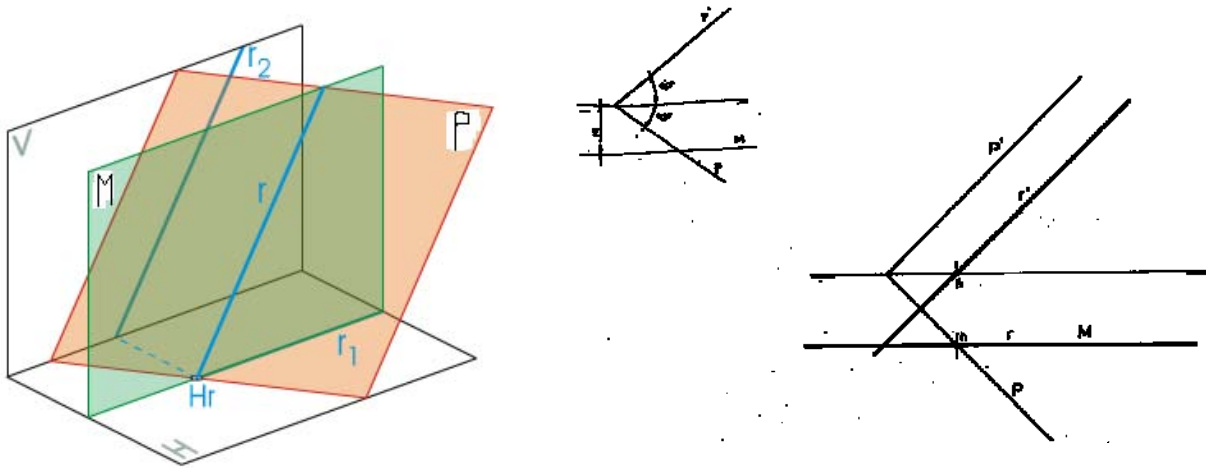
Luego podemos localizar la recta intersección de dos planos, dibujando la recta que esté contenida en los dos planos a la vez.



Dibujamos las proyecciones de las trazas de la recta intersección r . La traza vertical “ Vr ” es la intersección de las trazas verticales de los planos P' y M' . La traza horizontal “ Hr ” es el punto de intersección de las trazas horizontales de los planos P y M .

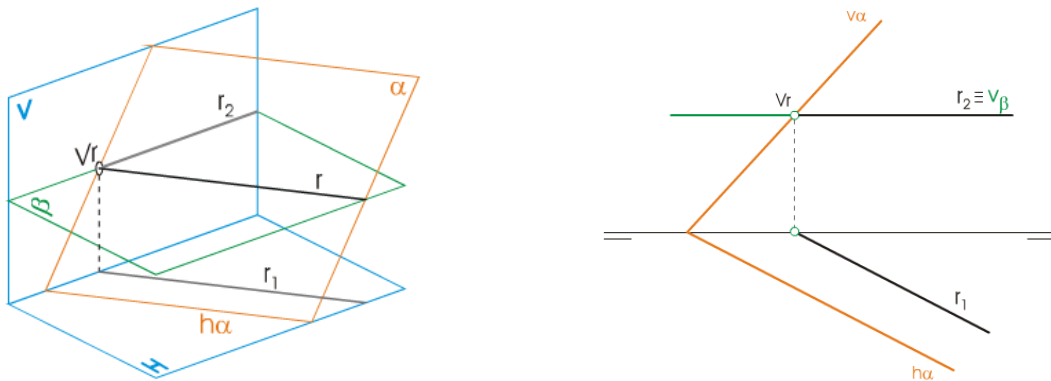
Intersección plano oblicuo y frontal 19-Intersección Plano Oblicuo y proyectante

Conociendo las trazas de dos planos (P) y (M), dibujar las proyecciones de la recta intersección.

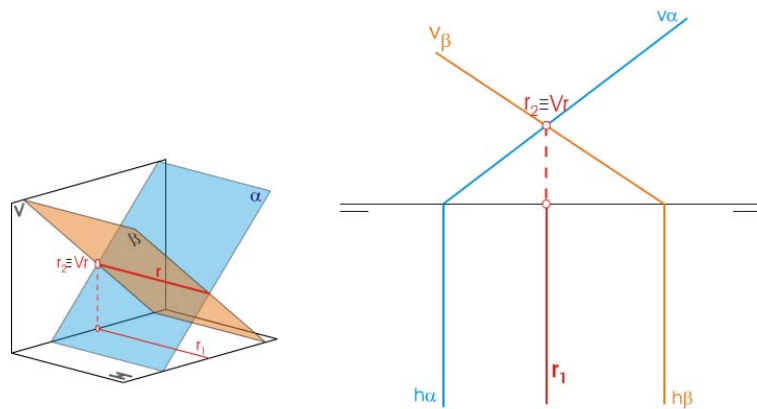


Intersección plano oblicuo y horizontal

Conociendo las trazas de dos planos (alfa) y (beta), dibujar las proyecciones de la recta intersección.

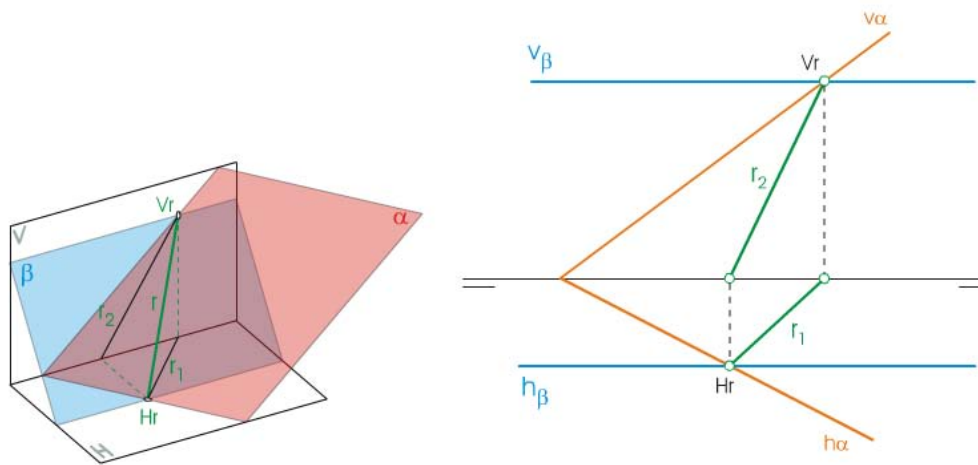


Intersección dos planos de canto  20-Intersección Planos de Canto



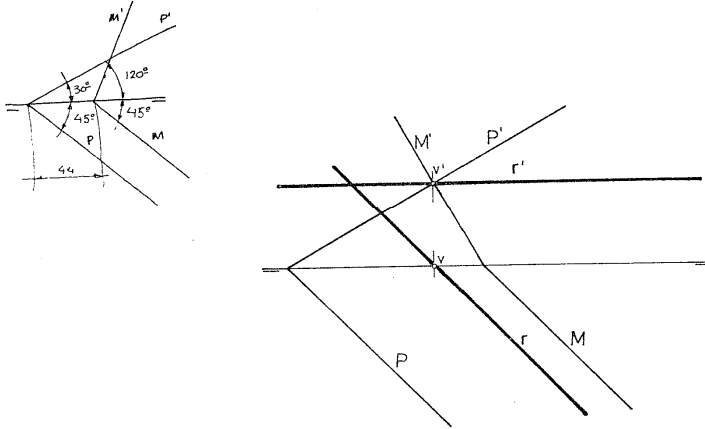
Intersección plano oblicuo y plano paralelo a LT.

 21-Intersección Plano Oblicuo y paralelo a TL



Intersección de dos planos oblicuos. Caso de trazas de planos paralelas.

Conociendo las trazas de dos planos (P) y (M), dibujar las proyecciones de la recta intersección.

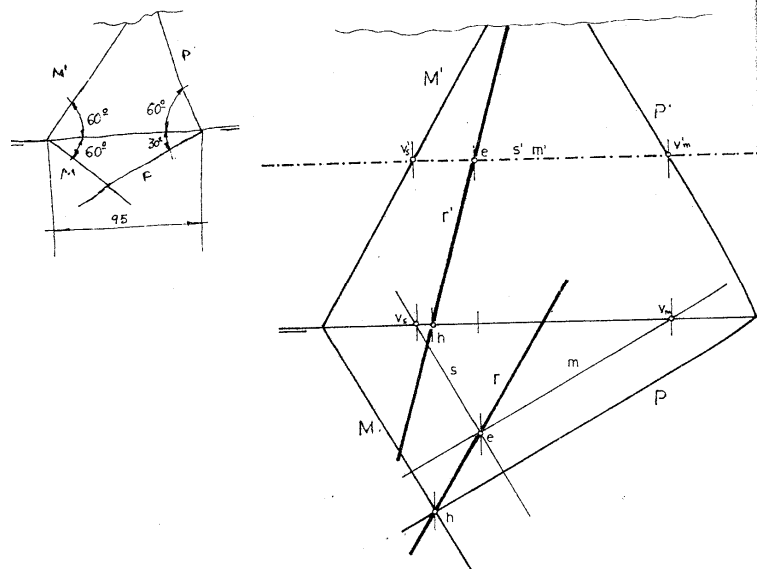


PROBLEMA.

Dibujar la recta intersección (R) definida por dos planos que se cortan. Pero el punto de intersección de las trazas verticales de los planos están fuera del papel.

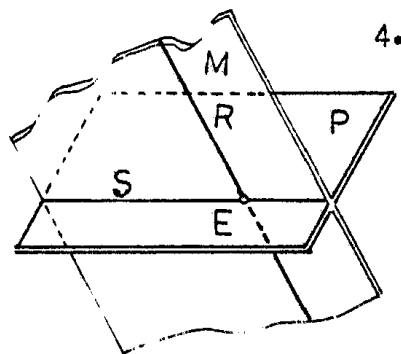
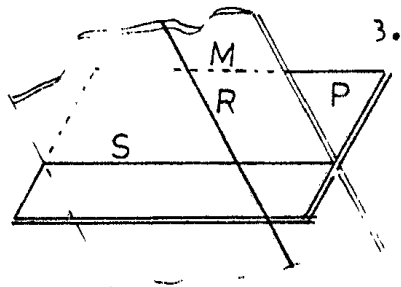
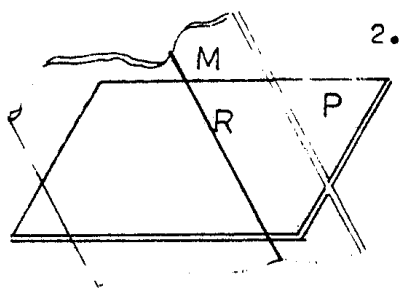
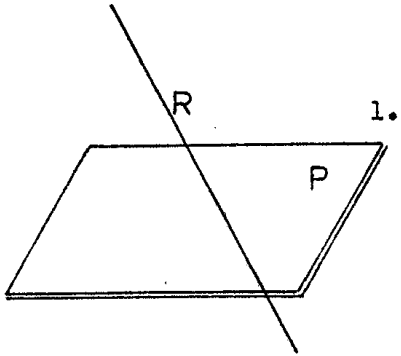
En este caso, nos auxiliaremos de un tercer plano, para hallar un segundo punto de la recta intersección (R). Este segundo punto es el punto (E), resultado de la intersección de las rectas (S) y (M).

Planos X y P se cortan en recta M.
 Planos X y M se cortan en recta S.
 Las rectas S y M se cortan en el punto E.
 Este punto pertenece a los planos P y M.
 Con el punto E y la traza H se define la recta R, intersección de los dos planos.



4.2.- Intersección de una recta con un plano. 22-Intersección Recta - Plano

Como vemos explicado en la secuencia, dibujaremos un plano (M) que contenga a la recta (R). Hallamos la intersección de los planos (P) dado, y (M), con lo que obtenemos la recta (S). Esta recta corta a la recta (R) en el punto (E). Este punto es lógicamente donde la recta (R) corta al plano (P).

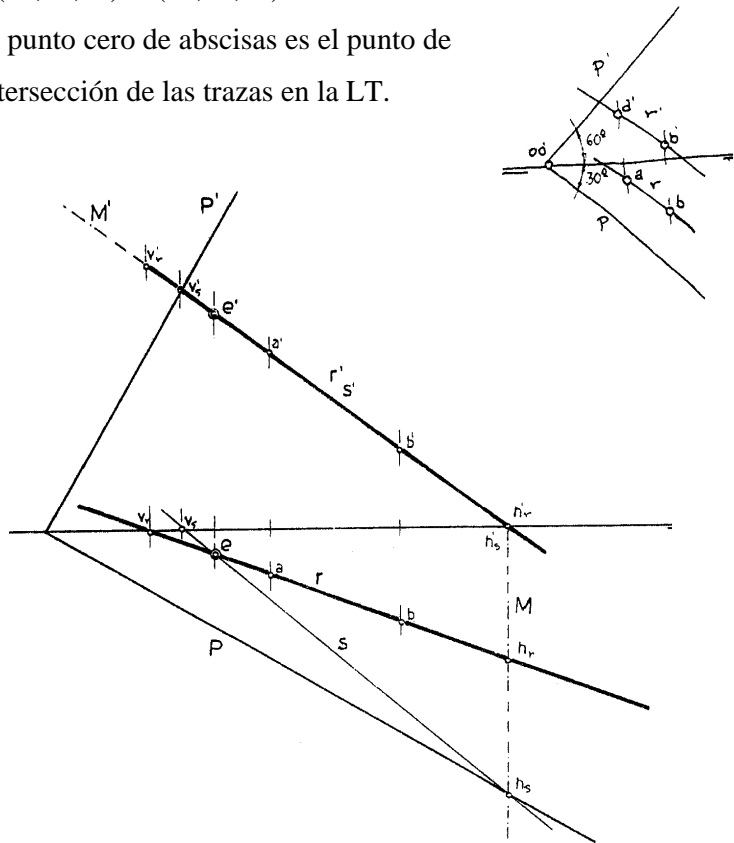


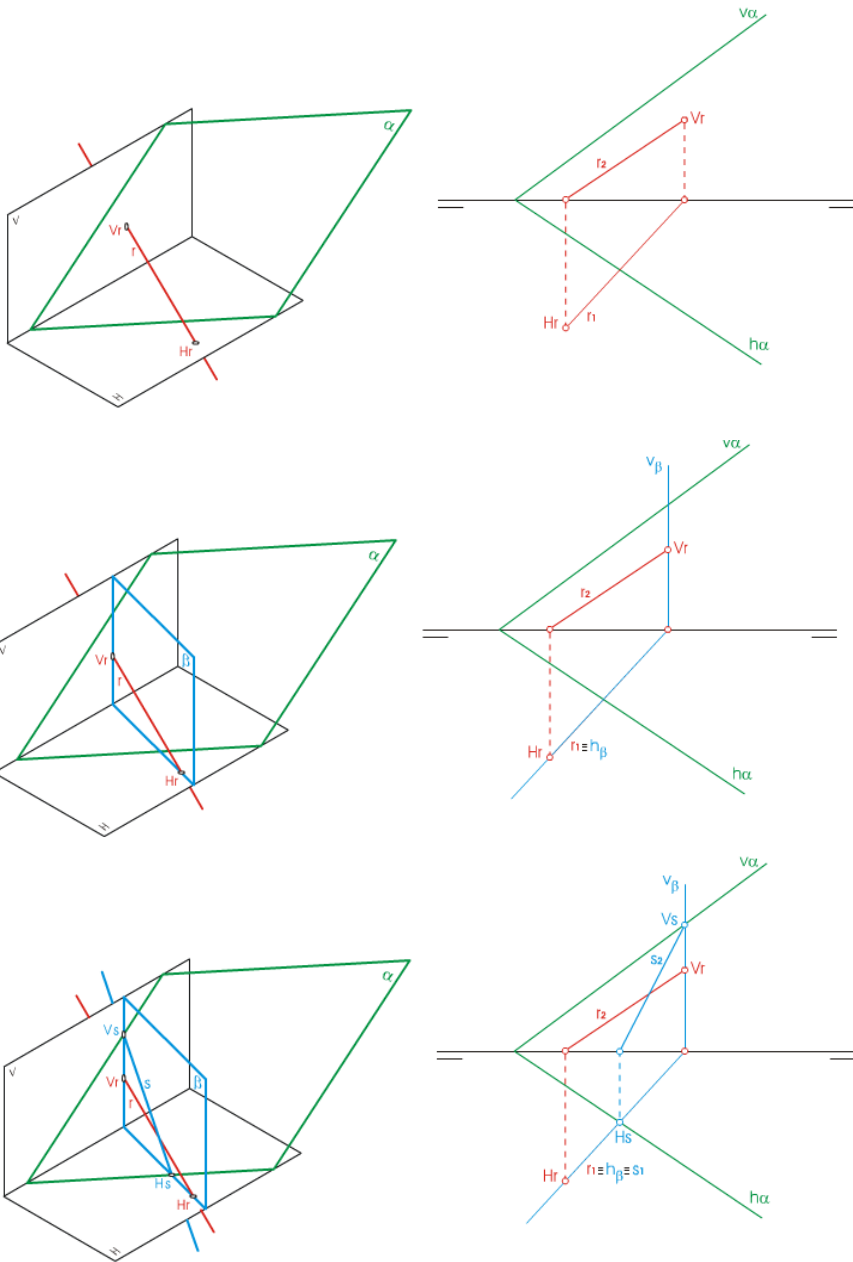
PROBLEMA.

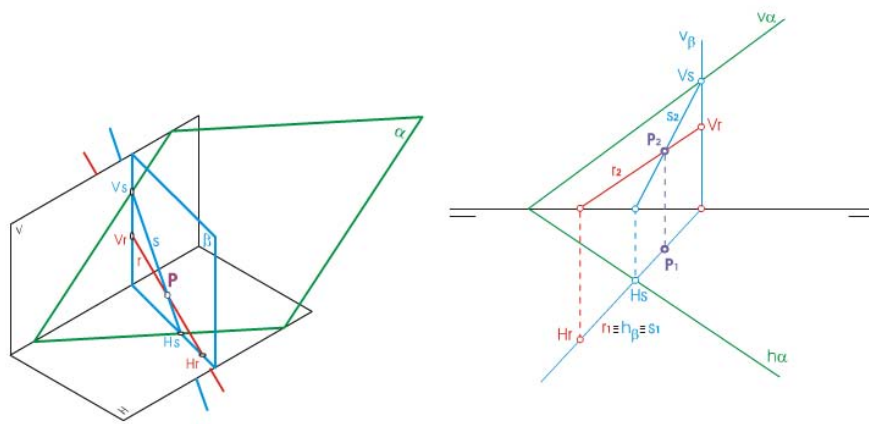
Dibujar la intersección del plano (P) con la recta (R).

A(45,10,35) B(73,19,76)

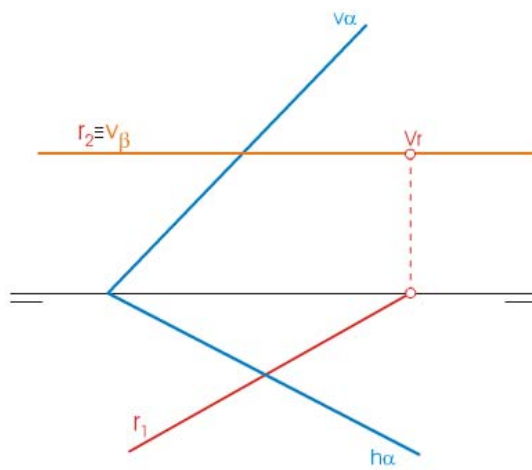
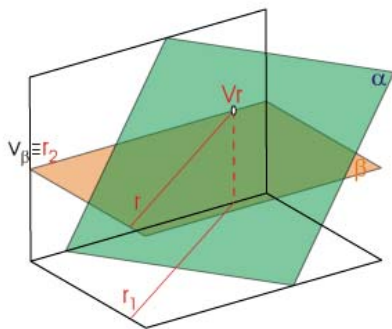
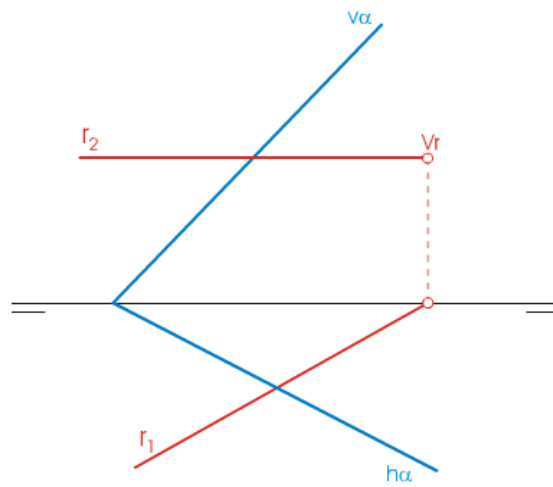
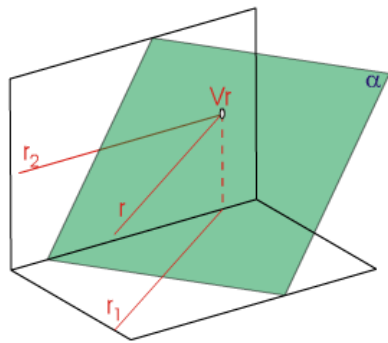
El punto cero de abscisas es el punto de intersección de las trazas en la LT.

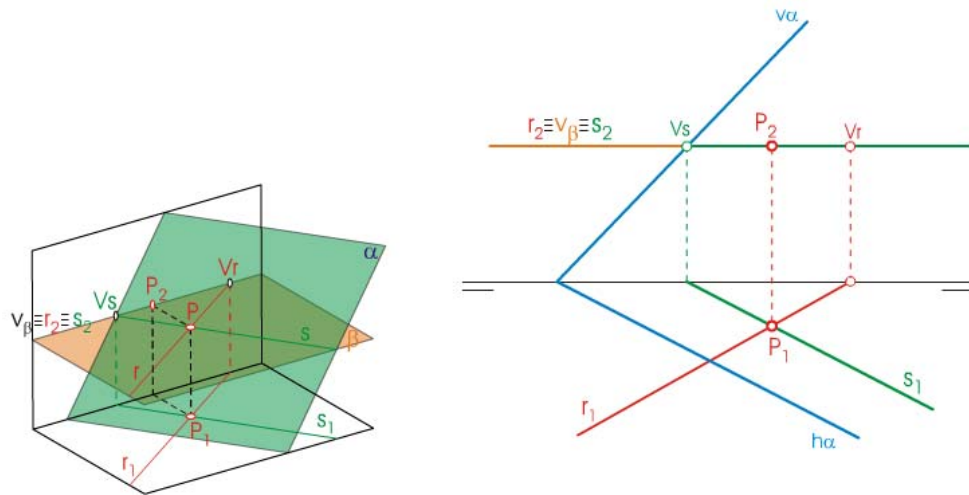




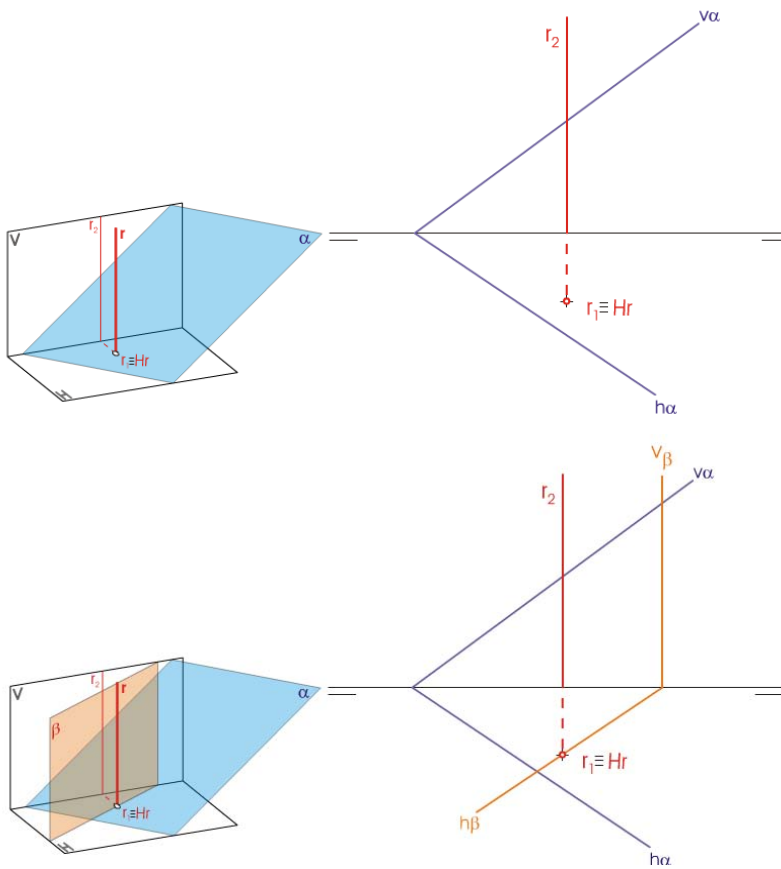


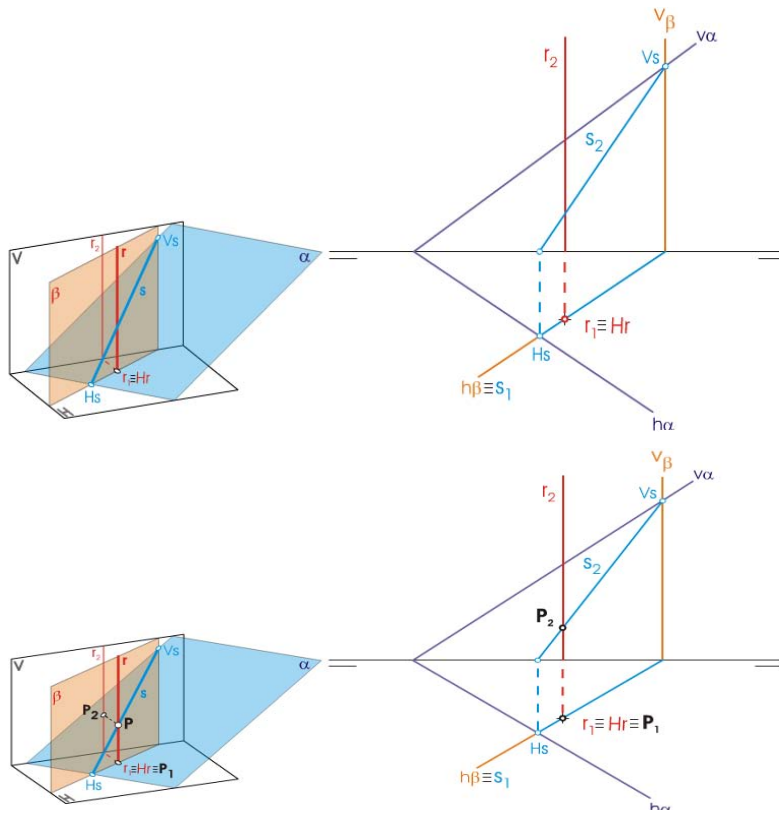
Intersección recta horizontal y plano oblicuo



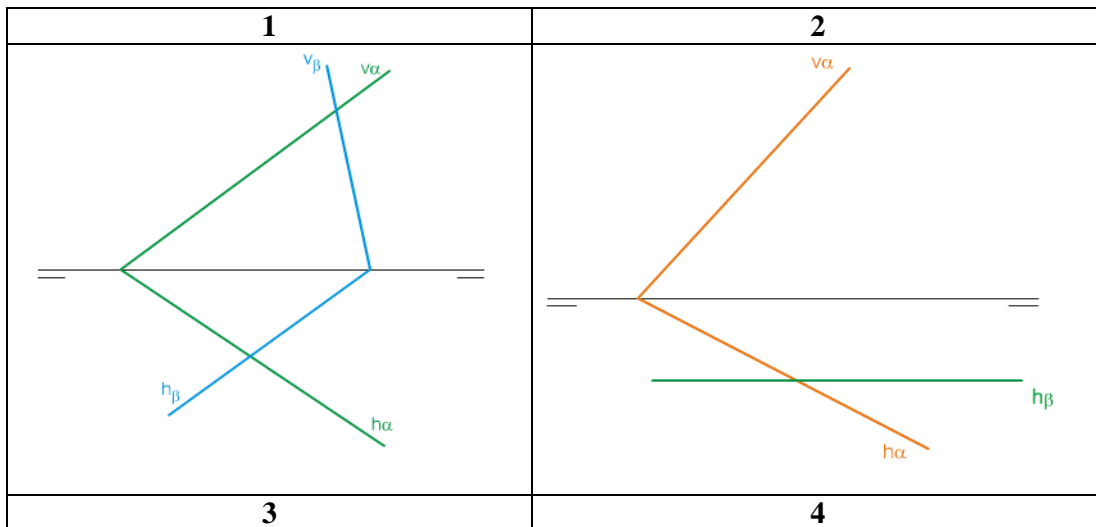


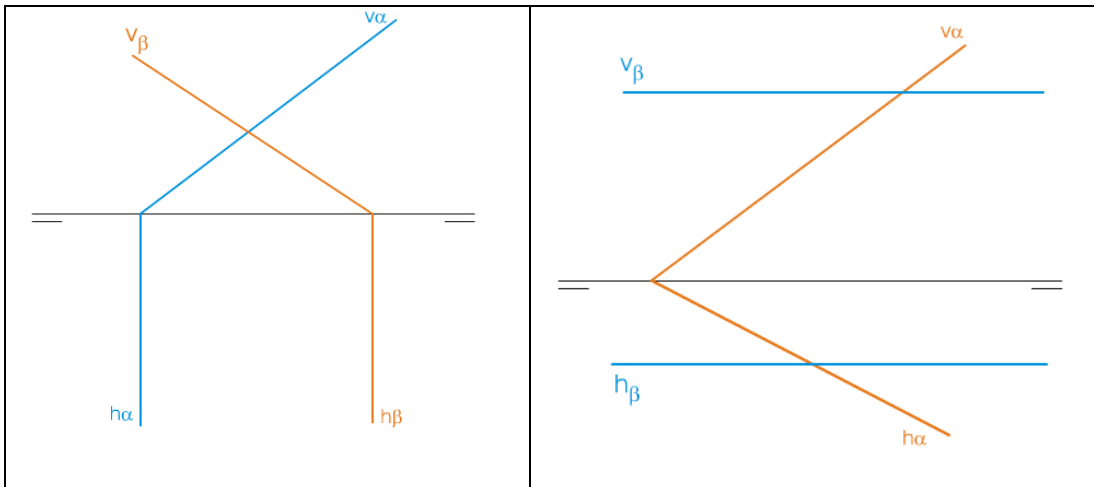
Intersección recta vertical con plano oblicuo



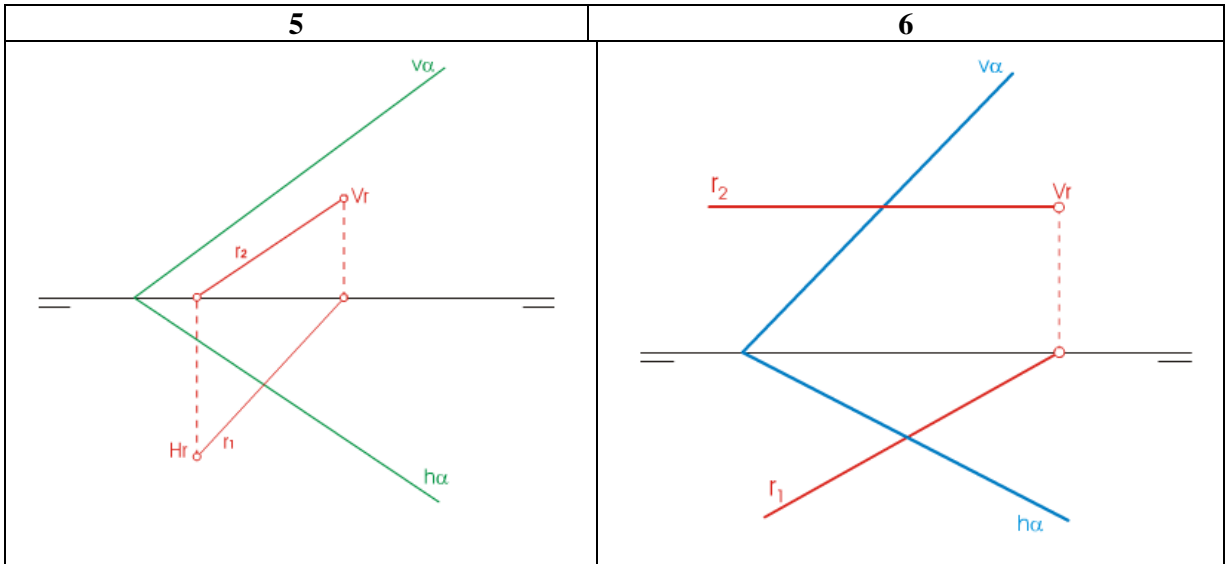


EJERCICIOS. Dibujar la recta intersección de dos planos





Dibujar la Intersección de una recta con un plano

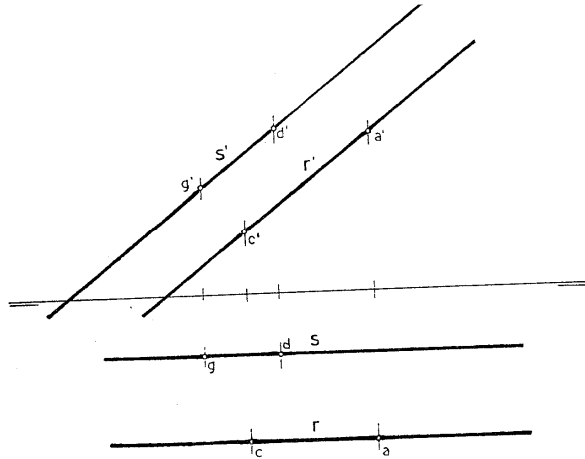
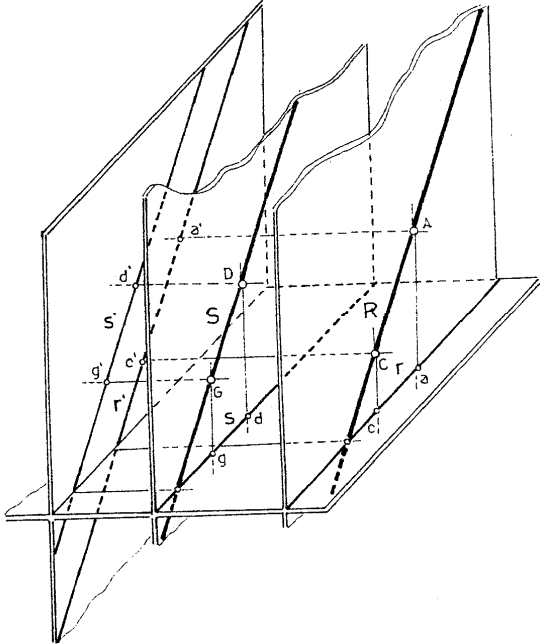


5.- PARALELISMO Y PERPENDICULARIDAD ENTRE RECTAS Y PLANOS.

5.1- Paralelismo entre rectas. 23-Rectas paralelas

Dos rectas son paralelas en el espacio si sus sombras en los planos de proyección MANTIENEN su paralelismo. Es decir, dos rectas son paralelas, cuando sus proyecciones respectivas son paralelas.

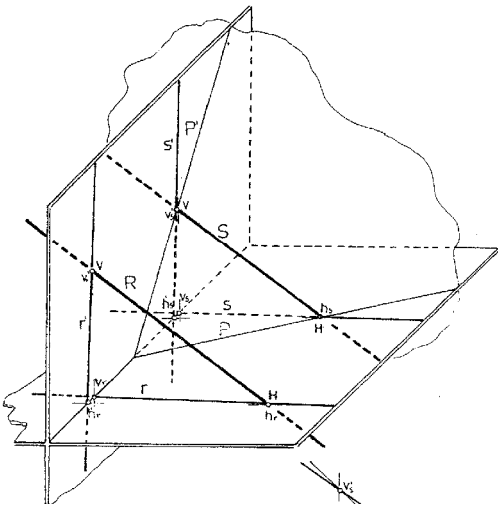
En el dibujo tenemos representadas dos rectas frontales, que están contenidas en dos planos frontales, por lo que se ve el paralelismo entre sus proyecciones inmediatamente, ya que el ángulo que forman las rectas con el PHP, es el mismo, y vemos como se refleja en las proyecciones verticales.



5.2.- Paralelismo entre recta y plano. 24-Paralelismo Recta-Plano

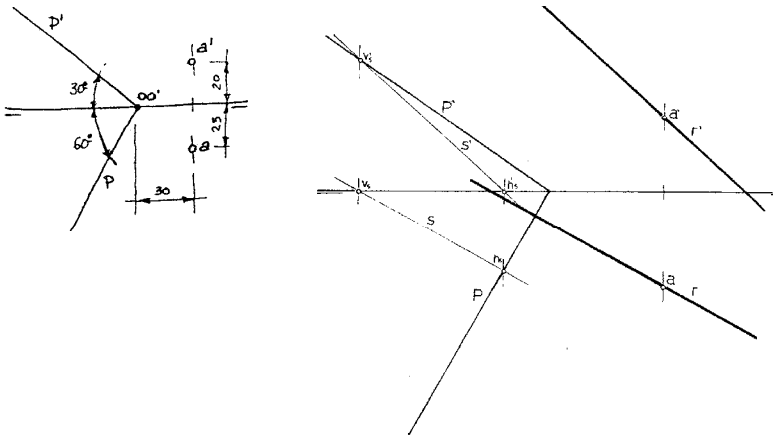
Podremos decir que una recta es paralela a un plano, cuando la recta no corta al plano. Sabremos que una recta es paralela a un plano, cuando hay en el plano otra recta que es paralela a ella.

En el dibujo, tenemos la recta (R), el plano (P), y la recta (S) que está contenida en el plano (P) y por construcción es paralela a la recta (R).



PROBLEMA.

Dado el plano P, dibujar una recta paralela al plano (P), conteniendo al punto (A).

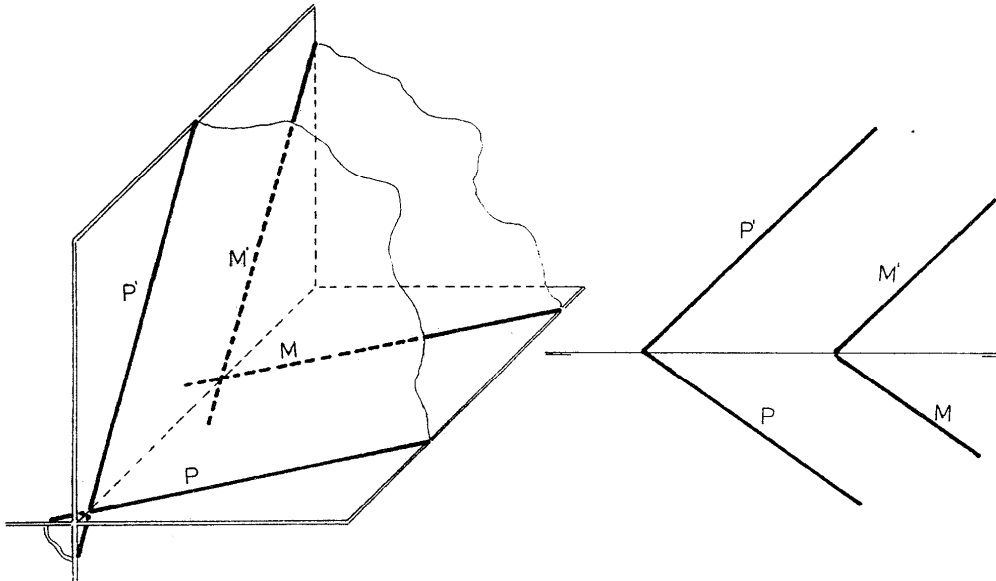


Dibujaremos una recta cualquiera (S) que esté contenida en el plano (P).

Por (a') dibujaremos una recta paralela a (s') y por (a) otra recta paralela a (s). Estas dos rectas serán (r'-r) proyecciones de (R).

5.3.- Paralelismo entre dos planos.  24-01-Paralelismo entre Planos

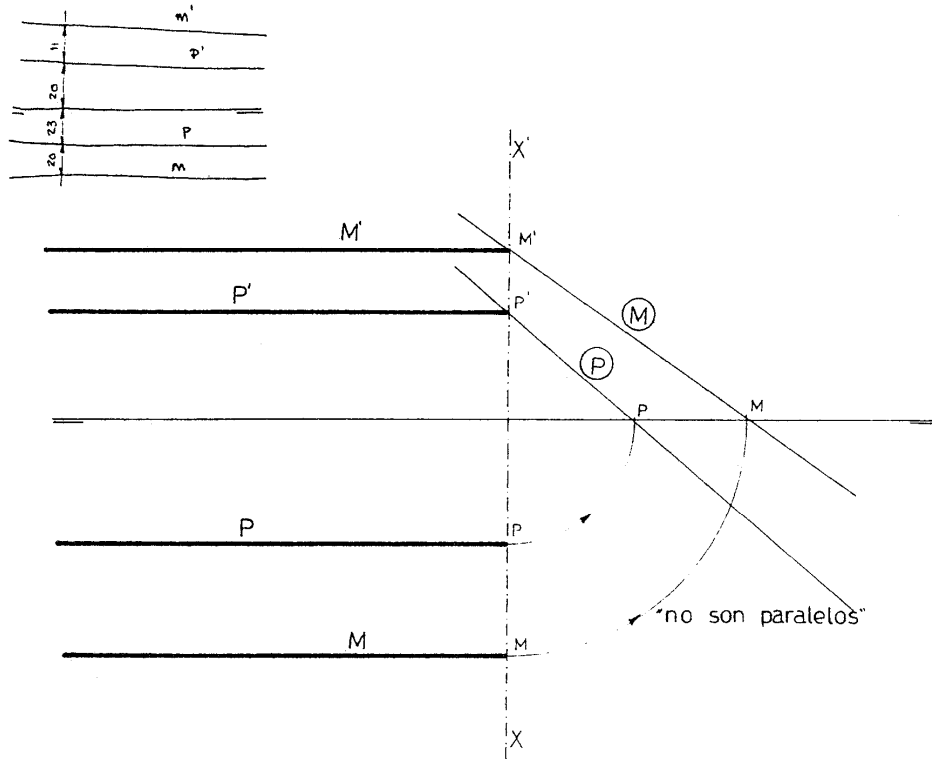
Dos planos paralelos, MANTIENEN el paralelismo entre sus trazas, respectivas.



Para que dos planos paralelos a LT, lo sean entre sí, tendremos que comprobarlo en el espacio, cuando conozcamos sus proyecciones.

PROBLEMA.

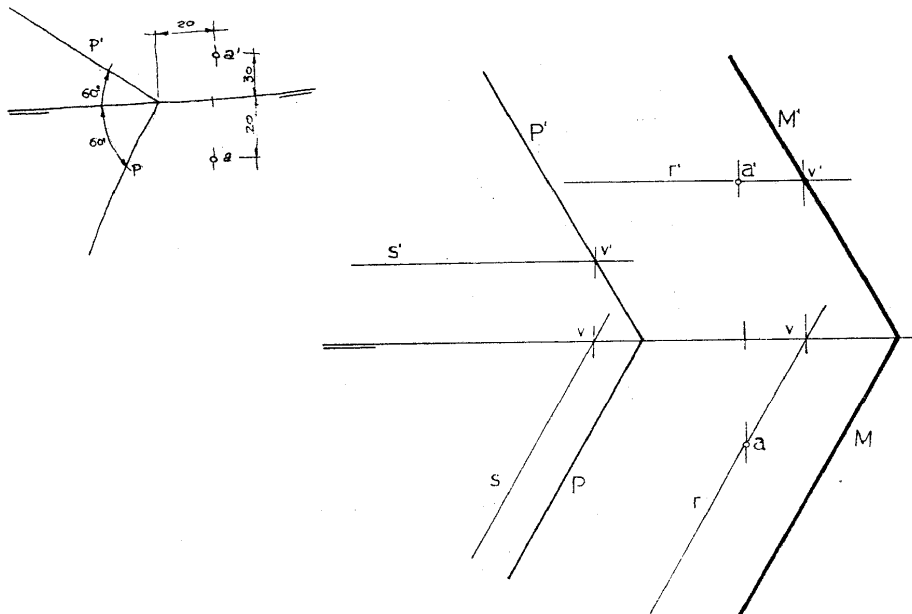
Demostrar que los planos (P) y (M) son paralelos.



Crear un plano paralelo a otro que pase por un punto A.

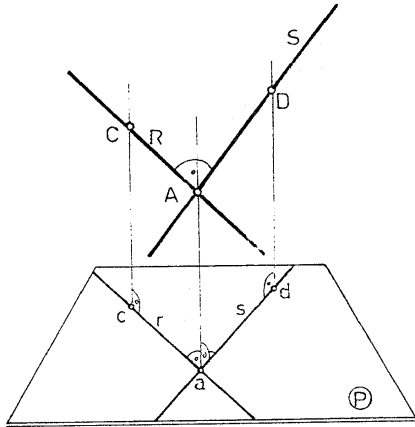
PROBLEMA. 25-Planos paralelo por un punto

Dibujar por el punto (A), un plano (M) paralelo al plano dado (P). Trazamos una recta R, paralela al plano P. Para ello cogemos una recta del plano P, por ejemplo S, y trazamos paralelas a ella por el punto A obteniendo la recta R, de esta forma tenemos dos rectas paralelas. Introducimos la recta R en un plano que sea paralelo a P.



5.4.- Perpendicularidad entre recta y plano. 26-Perpendicularidad Recta y Plano

Para obtener la representación de una recta perpendicular a un plano, nos apoyaremos en el Teorema de las tres perpendiculares



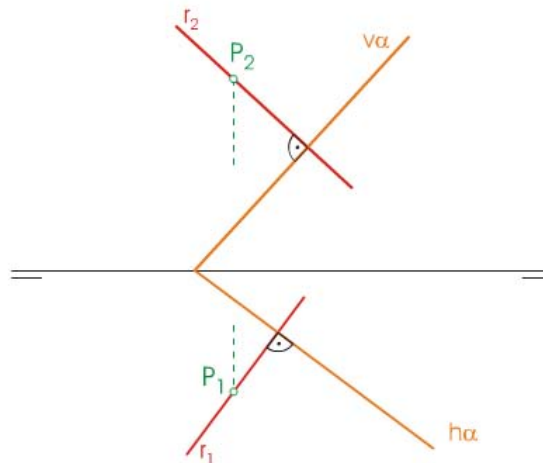
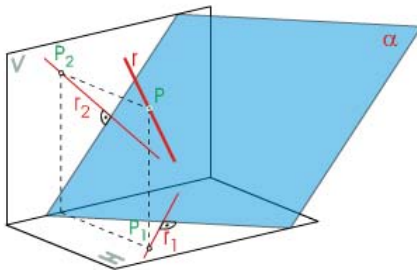
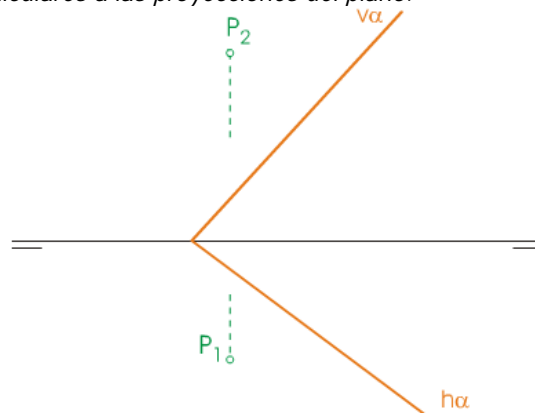
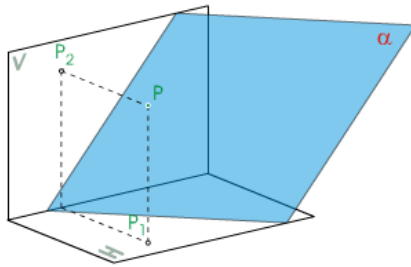
Teorema de las tres perpendiculares:

Si dos rectas (R) y (S) son perpendiculares en el espacio, y una de ellas (R), es paralela a un plano (P) sobre el cual se proyecta el conjunto de las dos ortogonalmente, se obtienen dos rectas proyección, (r) y (s), que son también perpendiculares entre sí.

De aquí podemos deducir:

Podemos decir que la perpendicularidad entre rectas y planos se MANTIENE.

En Sistema Diédrico, para trazar la recta perpendicular por un punto dado a un plano, basta con trazar las proyecciones de la recta perpendiculares a las proyecciones del plano.



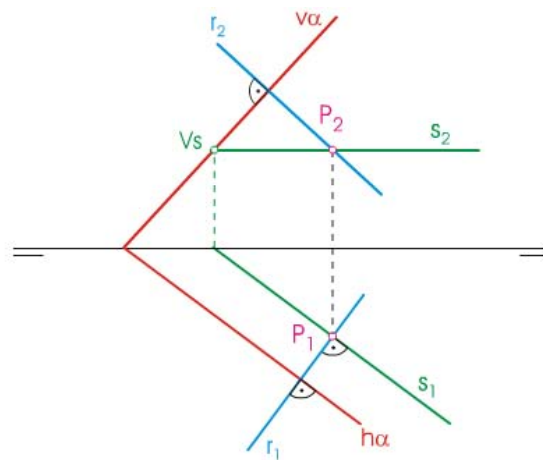
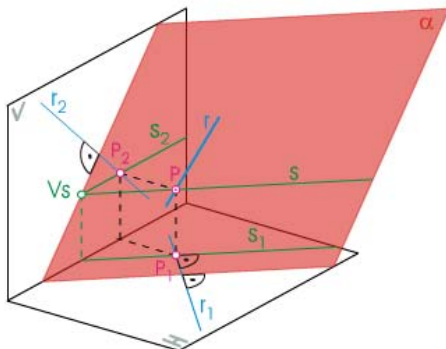
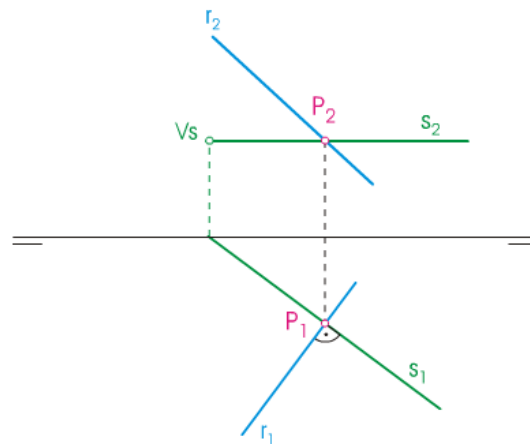
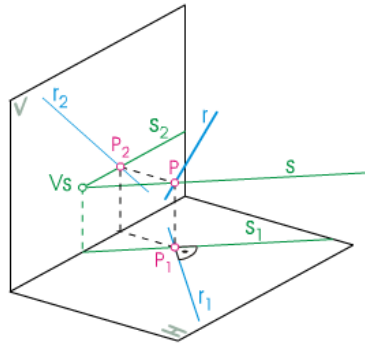
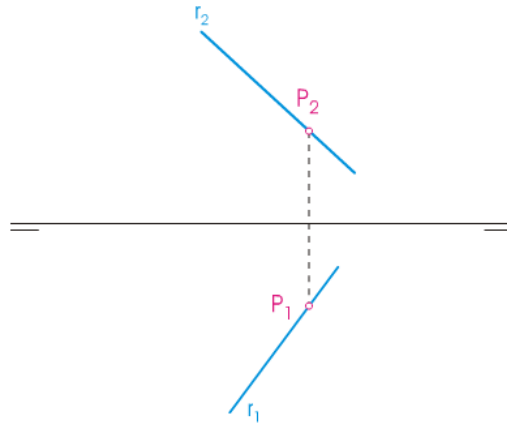
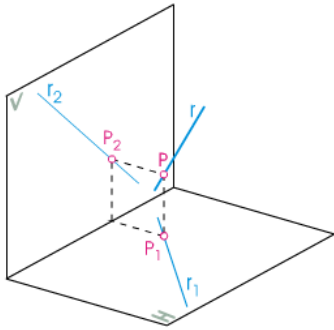
5.5.- Plano perpendicular a una Recta.

Problema: *Dada una recta r trazar por un punto dado P el plano perpendicular a ella.*

Resolución:

Buscamos una recta característica del plano, como puede ser una horizontal. La proyección horizontal de esa recta ha de ser perpendicular a la recta dato y pasará por la proyección horizontal del punto.

A partir de ahí, introducimos la recta en un plano que sea perpendicular a las trazas de la recta R .



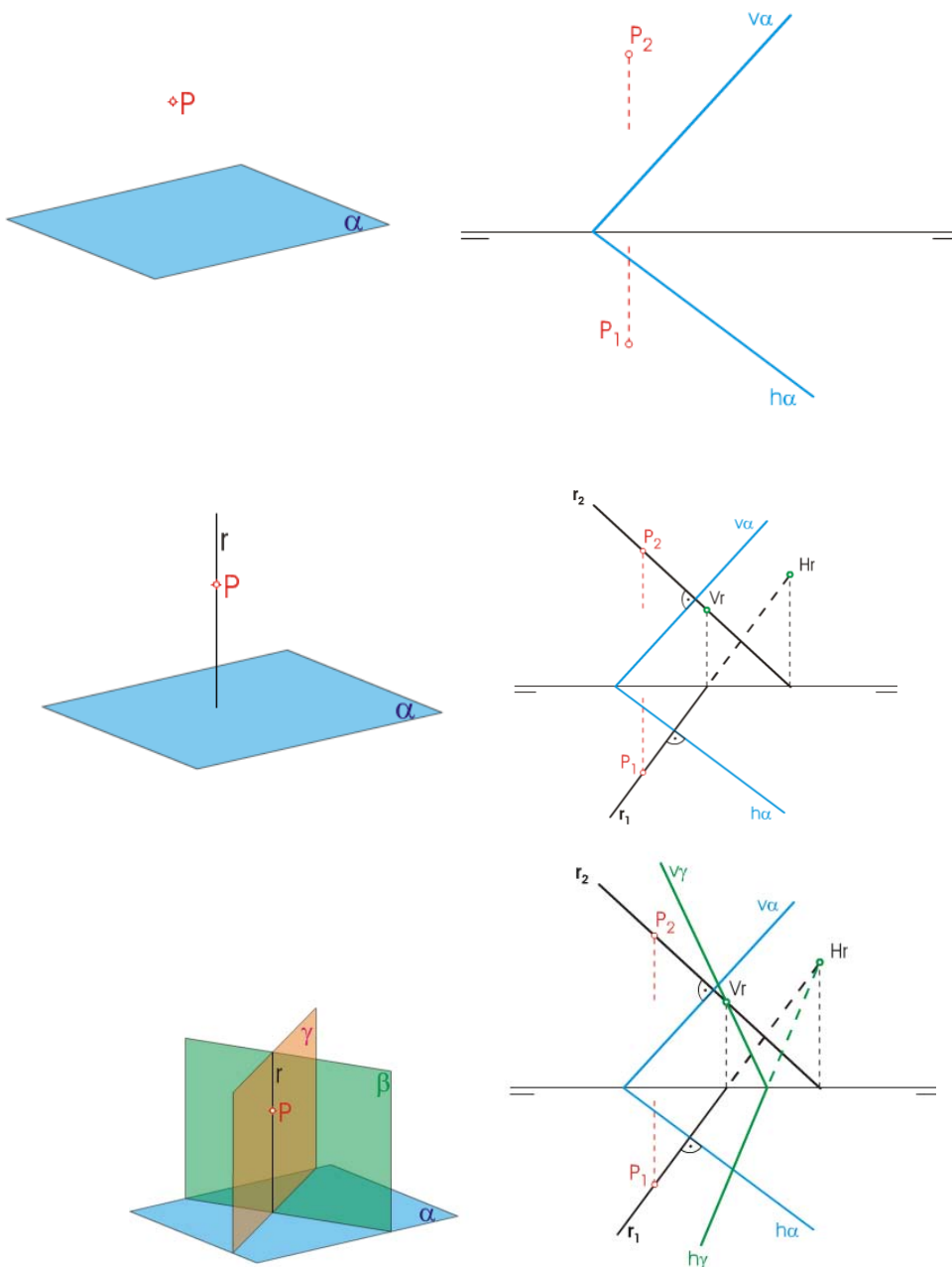
5.6.- Perpendicularidad entre planos.

Cuando queramos saber si un plano (P) es perpendicular a otro plano (M) dado, tendremos que buscar una recta que esté contenida en (M) que sea perpendicular al plano (P).

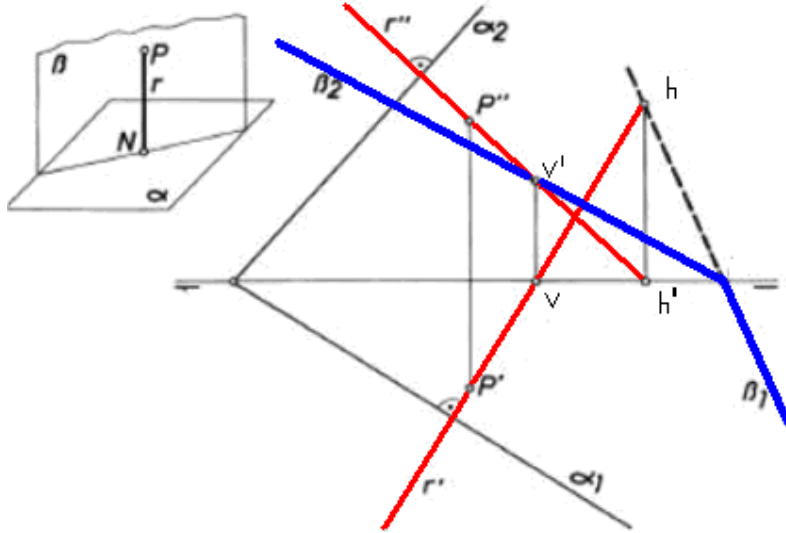
Dicho de otra manera, si nos dan un plano (M) y nos pidiesen dibujar otro plano perpendicular a (M), dibujaríamos una recta cualquiera contenida en (M), (R) y dibujamos el plano (P) pedido perpendicularmente a la recta (R). Este plano (P) será perpendicular al plano (M).

Problema: Por un punto dado P, trazar el plano perpendicular al plano alfa dado.

Resolución: Por el punto dado trazamos la recta r perpendicular al plano dato *alfa*. Cualquier plano que contenga a esa recta será perpendicular al primero. Existen, por tanto, infinitas soluciones.



Otra solución. (infinitos planos, pasan por v y h , son los que dan solución)



Planos perpendiculares entre sí

5.7.- Perpendicularidad entre rectas.

Dos rectas serán perpendiculares en el espacio, cuando una de ellas esté contenida en un plano perpendicular a la otra.

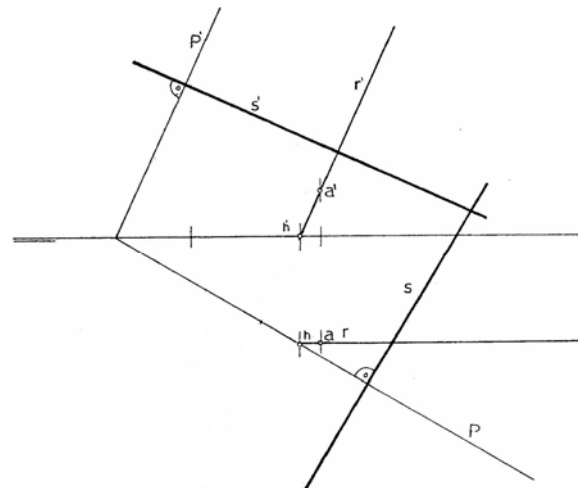
Problema. Dada la recta (R), dibujar otra recta perpendicular a ella.

Resolución:

1º. Dibujar un plano P, que contiene a la recta R.

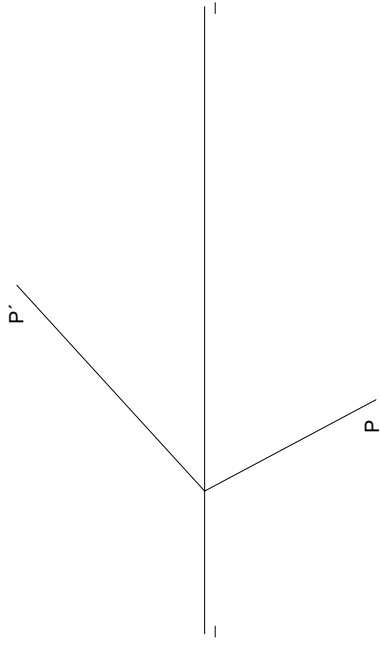
2º. Dibujar cualquier recta perpendicular a ese plano.

Las rectas no se cortan pero son perpendiculares en el espacio.

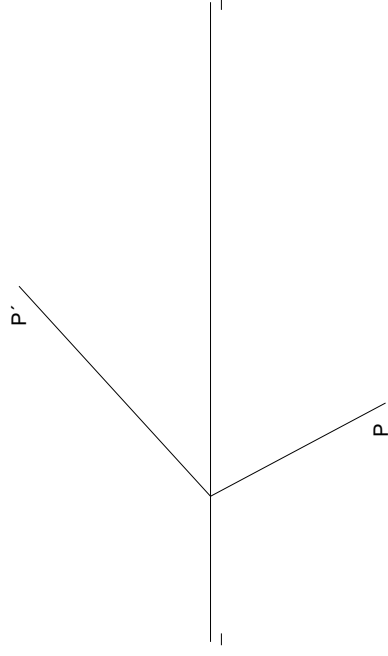


EJERCICIOS.

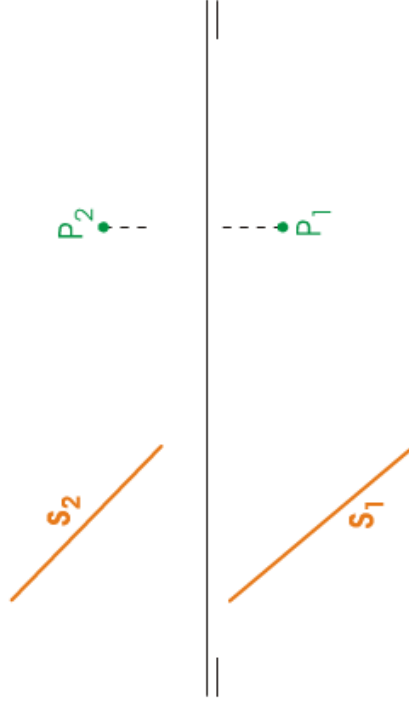
Dibuja un plano paralelo al plano P



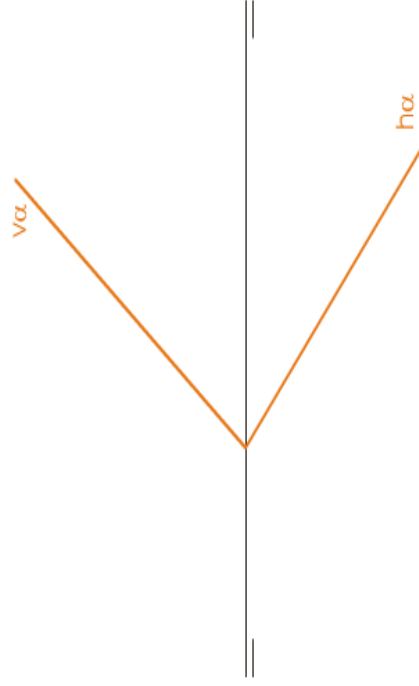
Dibuja una recta paralela al plano P

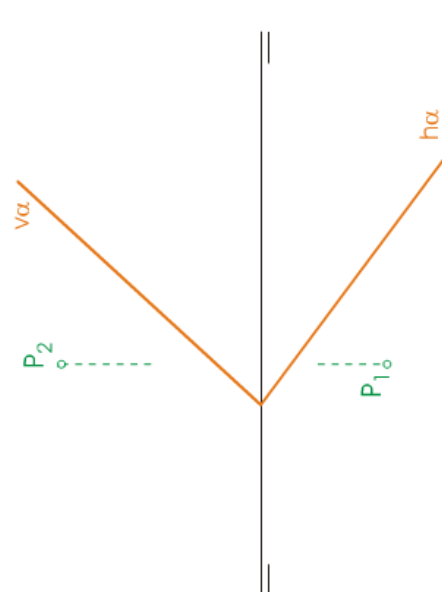
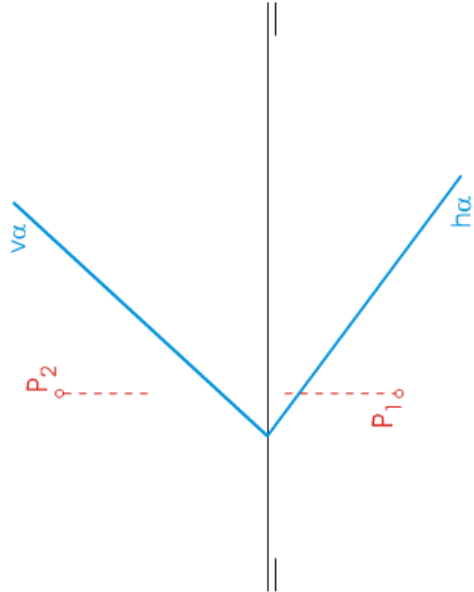


Dibuja Plano paralelo a la recta S y que pase por punto P



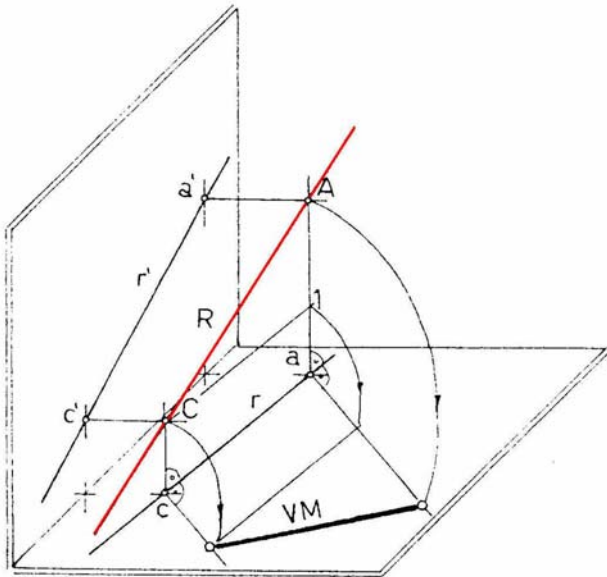
Dibuja una recta perpendicular al plano



<p>Dibuja una recta que pase por el punto P y sea perpendicular al plano</p> 	<p>Escribe la secuencia de los pasos seguidos para dar solución.</p>
<p>Dibuja un plano perpendicular al plano P</p> 	<p>Escribe la secuencia de los pasos seguidos para dar solución.</p>

6.- SISTEMA DIEDRICO. VERDADERA MAGNITUD Y MÍN. DISTANCIAS.

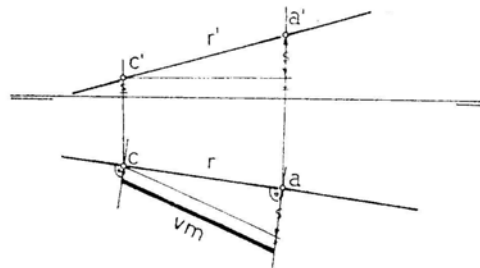
6.1.- Mínima distancia entre dos puntos o verdadera magnitud de un segmento.



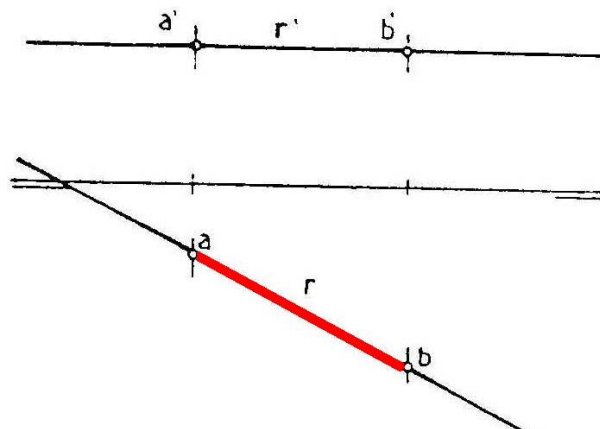
Sean los puntos A y C que definen una recta (R), oblicua. Sus proyecciones, tanto horizontal como vertical no tienen magnitudes reales, es decir que $AC \neq ac \neq a'c'$.

Para poder obtener la verdadera magnitud de un segmento (A-C) en proyección, podremos, tomando fijo el segmento (a-c), hacer un giro de 90° con A-C hasta ponerlo en el PHP. Los rayos de proyección en el giro no cambiarán su perpendicularidad con respecto a (r).

También podríamos hacer la operación poniendo la diferencia de cotas a partir de la proyección horizontal correspondiente, como explica el dibujo.



Existen rectas que por ser paralelas a un plano de proyección, en la proyección que está sobre el plano que le es paralelo veremos en verdadera magnitud.

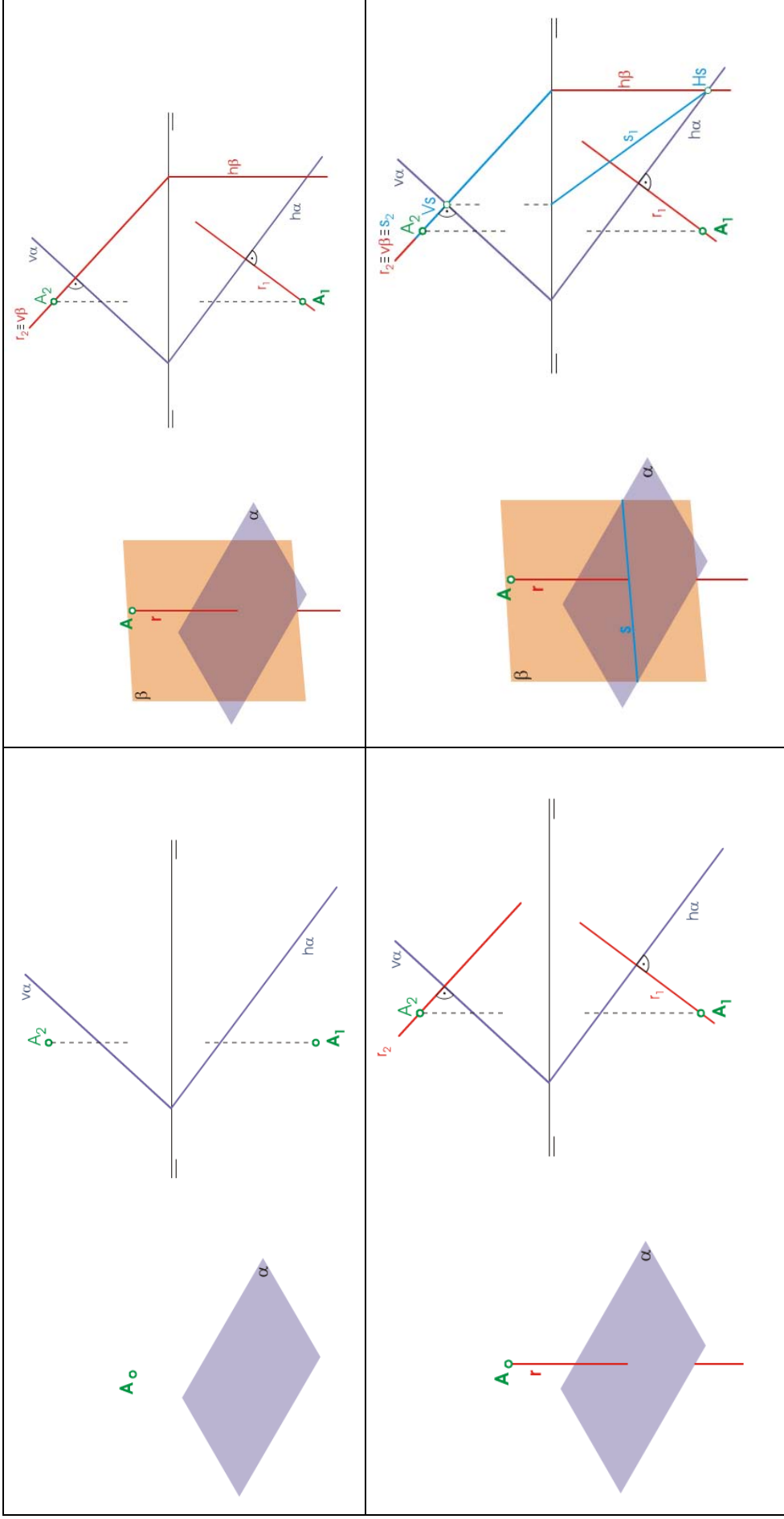


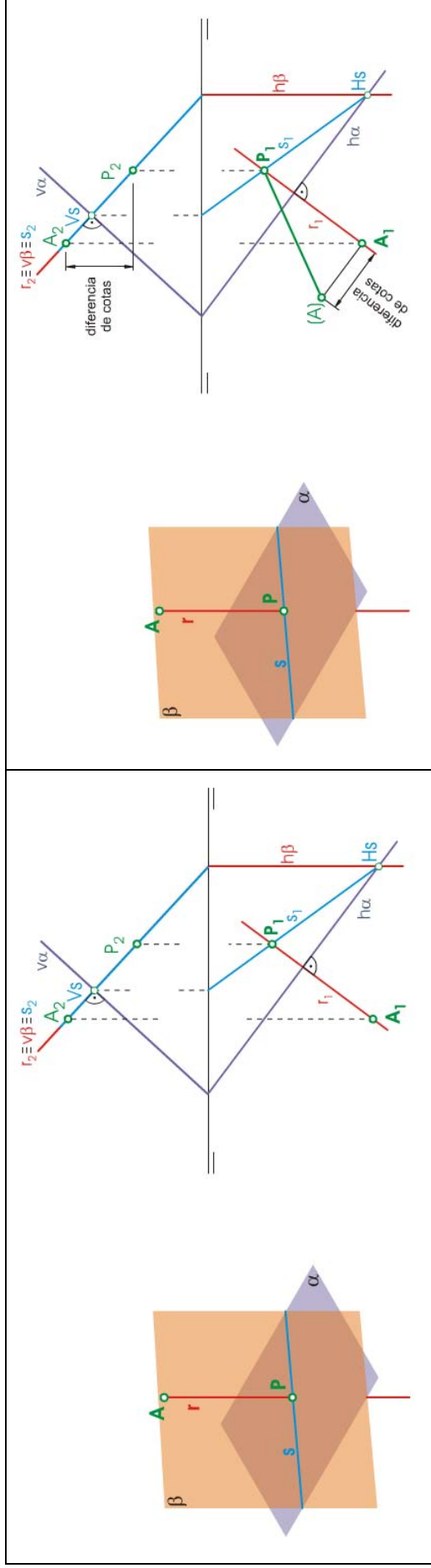
6.2.- Mínima distancia de un punto A, a un plano Alfa.




27-Distancia Punto-Plano

Como vemos en la ilustración, dibujaremos una recta R, que contenga al punto A que además sea perpendicular al plano alfa. Hallaremos la intersección de la recta R con Plano alfa, dibujando el plano beta que contiene a la recta R. La intersección de los planos alfa y beta es la recta S. El punto P es el punto de corte de R y S, luego es el punto donde R corta a P. La mínima distancia de A a P es el segmento definido por A y P.

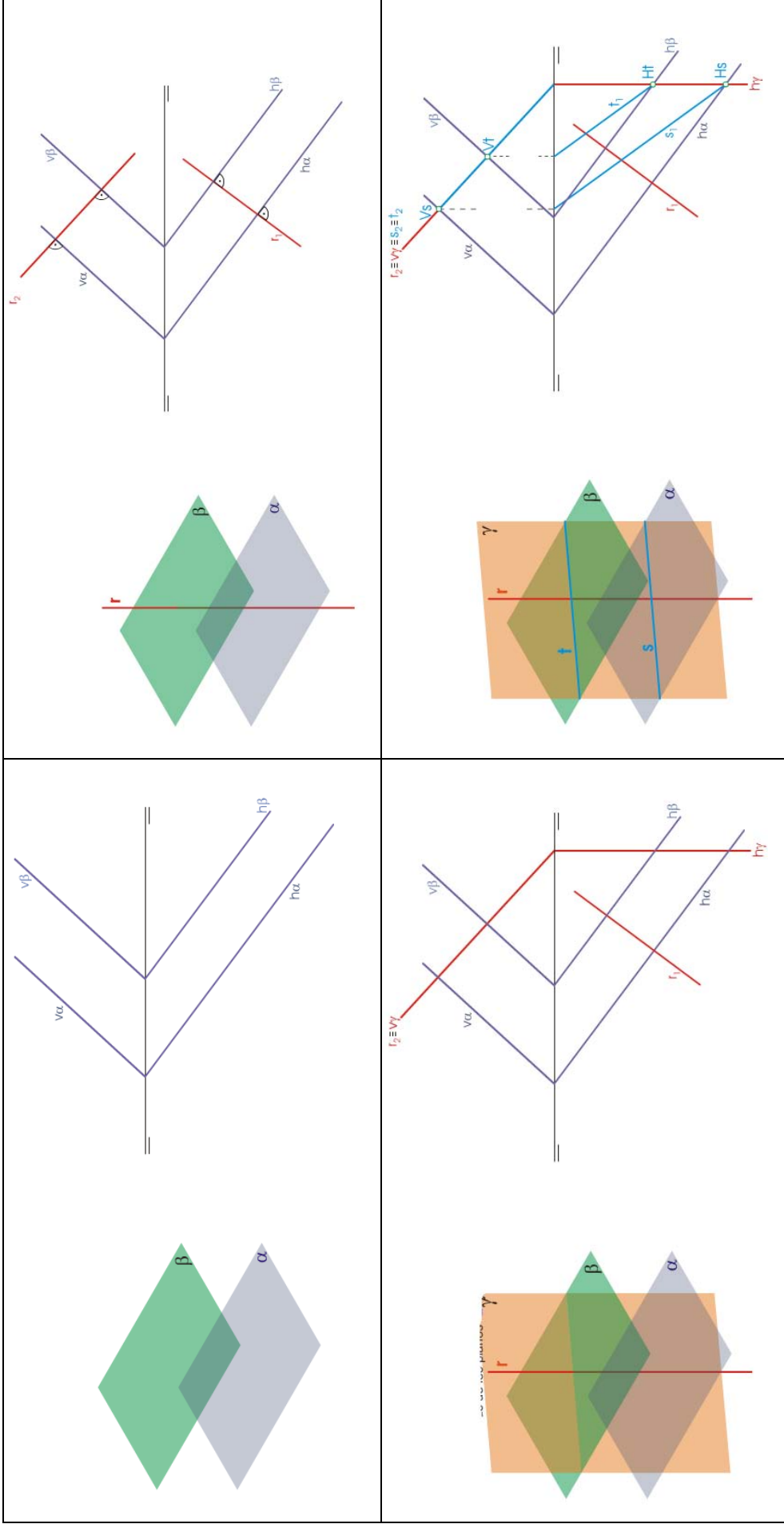


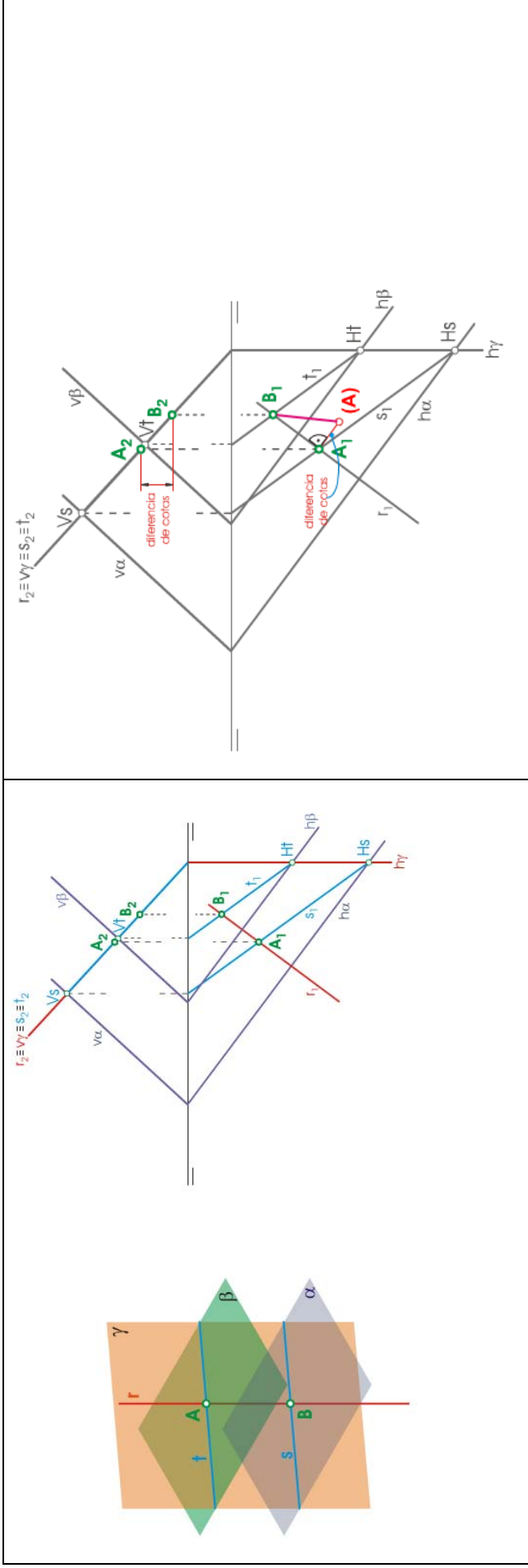


Para saber la distancia real entre los dos puntos, se aplica el metodo de verdadera magnitud.

6.3.- Mínima distancia entre dos planos paralelos.  28-Distancia Planos paralelos

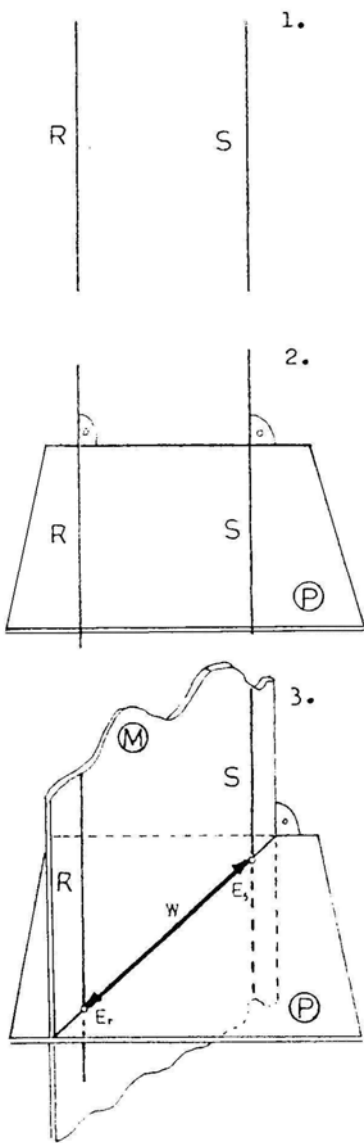
Tomaremos una recta R que sea perpendicular a los dos planos alfa y beta. Esta recta R, cortará a los dos planos en dos puntos A y B. La manera de obtener estos dos puntos lo podemos hacer como demuestra la secuencia. Dibujando un plano Gamma, que corta a Alfa en recta "s" y a Beta en recta "t". Estas dos rectas cortan a R en los dos puntos ya citados: A y B, este segmento nos da la mínima distancia.





Para saber la distancia real entre los dos puntos, se aplica el metodo de verdadera magnitud.

6.4.- Mínima distancia entre dos rectas que son paralelas.  29-Distancia Rectas Paralelas.



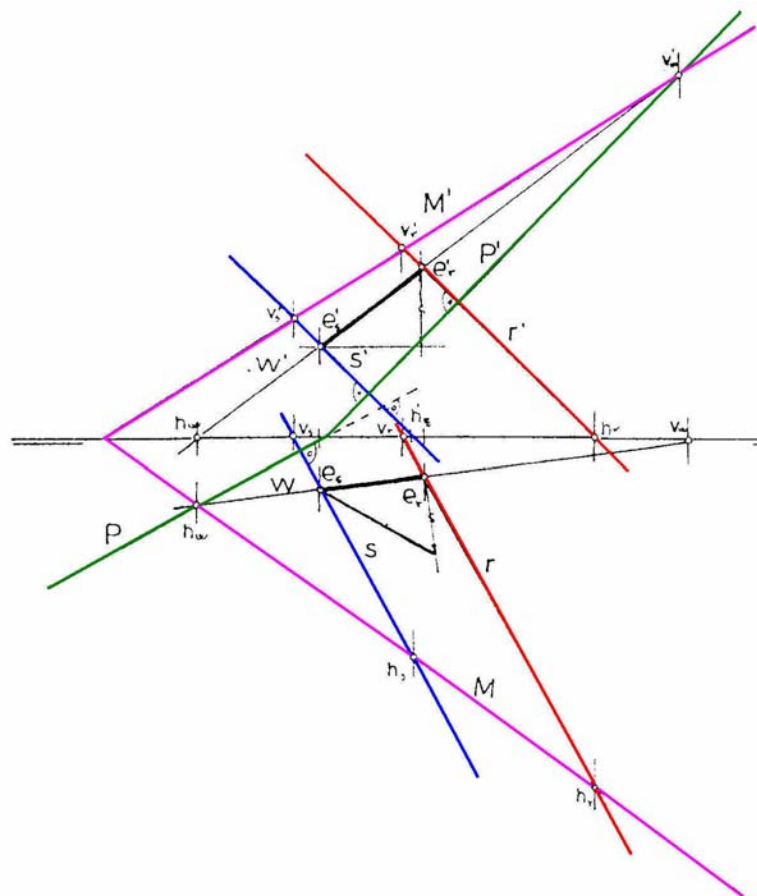
Dibujaremos un plano P que sea perpendicular a las dos rectas dadas, R y S. Hallamos la intersección de dichas rectas con el plano dibujado P, que son los puntos Es y Er.

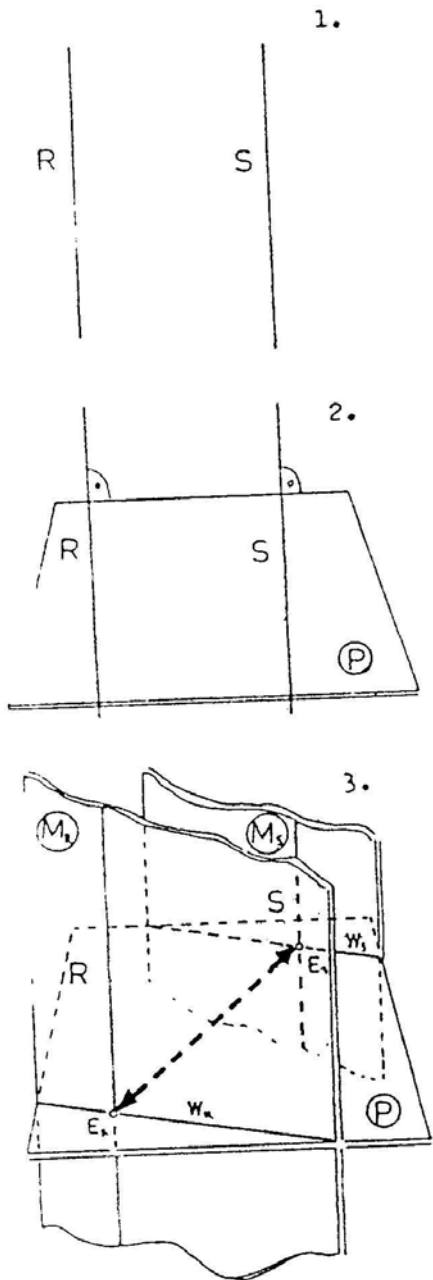
Estos puntos, los podemos obtener según se nos presente el problema en proyección, es decir, dibujando un plano M que contiene a las rectas R y S. Este plano M, crea la recta intersección W con el plano P. Donde se corta W con R aparece Er, y donde se corta W con S aparece Es.

La mínima distancia es el segmento Es-Er.

Problema

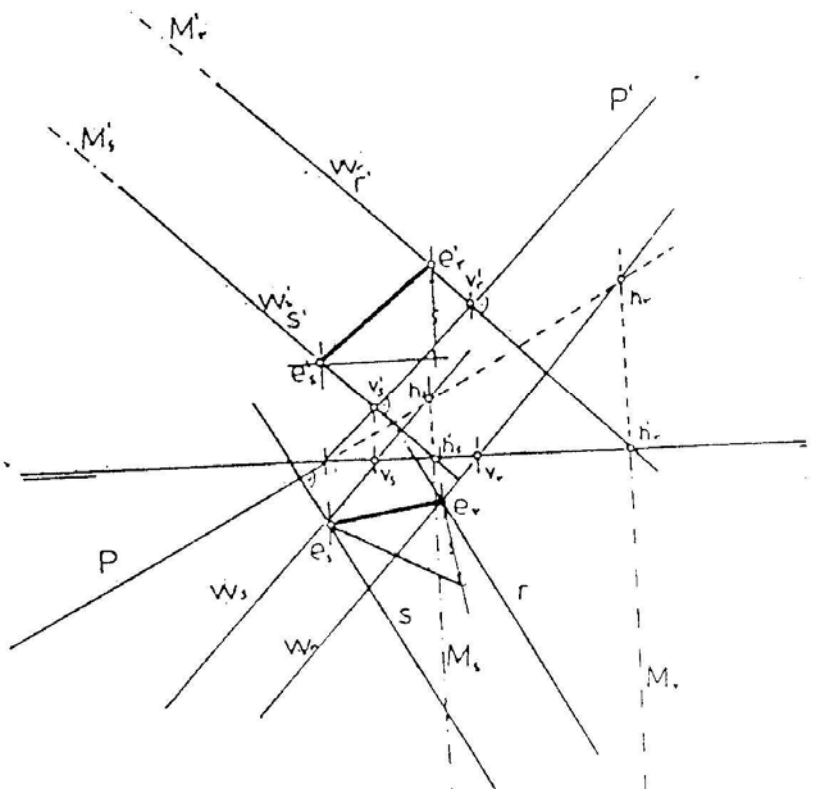
Hallar la verdadera magnitud y mínima distancia entre las rectas S y R que son paralelas.





Otro procedimiento igual de válido...

Podemos obtener los puntos E_s y E_r utilizando dos planos proyectantes, aunque parezca más recorrido, que en el problema anterior, en proyección veremos que se simplifica bastante.



Hemos tomado los planos M_s y M_r que contiene a S y R respectivamente.

Estos planos han de ser proyectantes para simplificar el proceso en proyección ya que sabemos que no necesitamos las trazas de las rectas y las rectas intersección de estos planos con cualquier otro, conocemos que una de las


proyecciones se confunde con la traza oblicua de los planos proyectantes que las contienen.

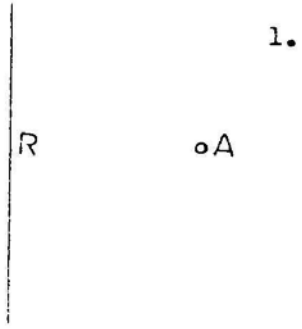
Estos planos, M_s y M_r cortan al plano P en ñas rectas intersección W_s y W_r .

Los puntos E_s y E_r están donde las rectas W_s , corte a S y W_r corte a R .

La mínima distancia esta definida por los puntos E_r y E_s , es decir está definida por el segmento E_r-E_s .

Tanto en el primer proceso como el segundo ademan se han obtenido las verdaderas magnitudes de las mínimas distancias que como vemos son iguales, ya que el encabezamiento de los dos problemas son los mismos.

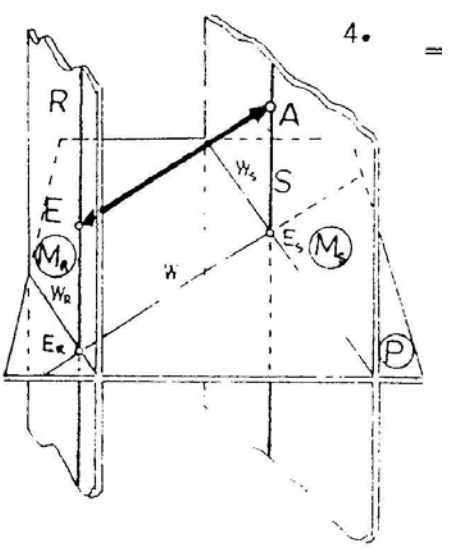
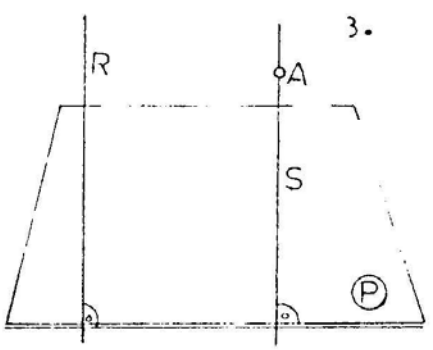
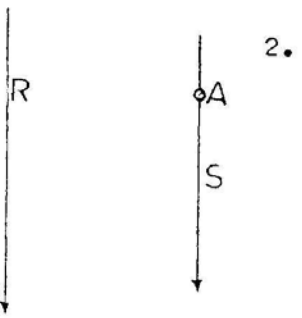
6.5.- Mínima distancia de un punto A a una Recta R.  30-Distancia punto-recta



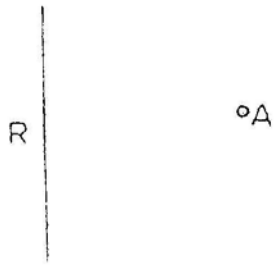
El procedimiento a seguir, puede ser el dibujar por el punto A una reta S que lo contenga.

A partir de aquí el problema lo plantearemos como el ya explicado, de hallar la mínima distancia de dos rectas paralelas.

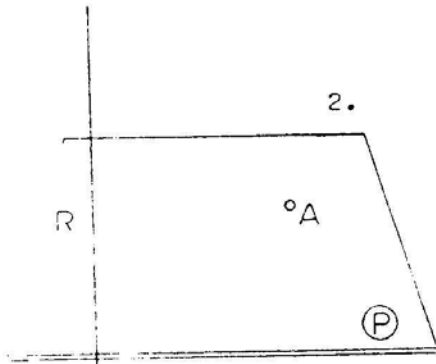
Cuando obtengamos los puntos E_s y E_r , conoceremos la dirección de la mínima distancia deseada, por lo que podemos dibujar una paralela a E_s-E_r por A y donde corte a R tendremos el punto E. El segmento A-E será la mínima distancia entre A y R.



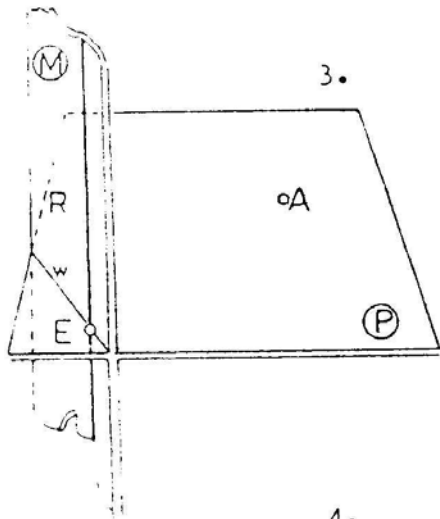
1.



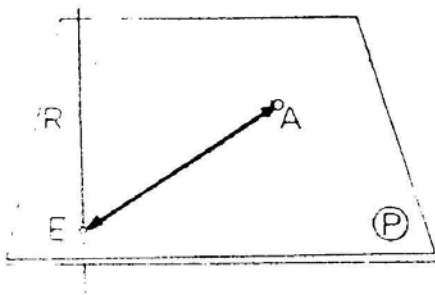
2.



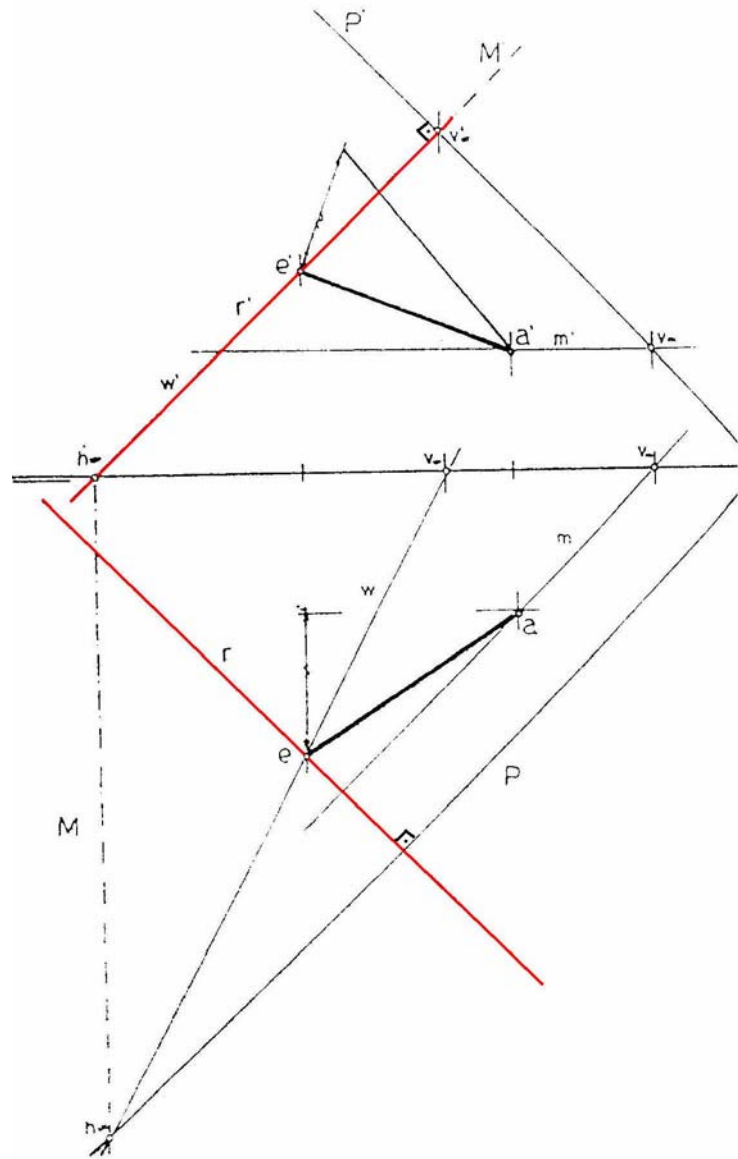
3.

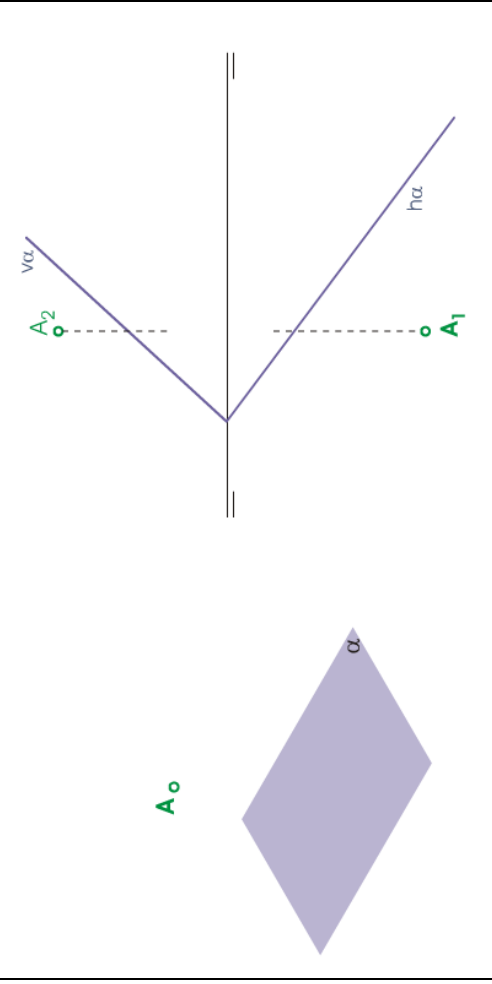
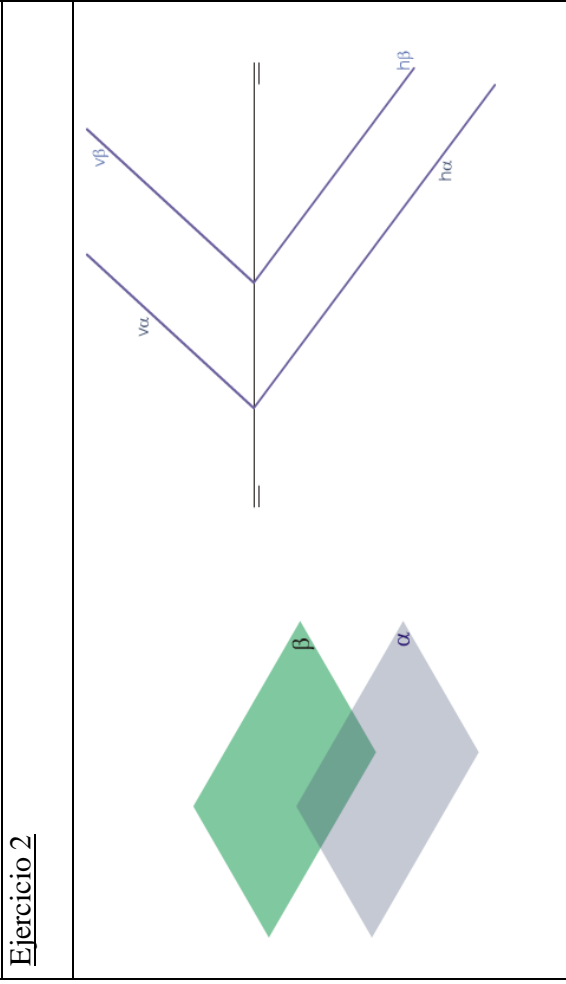


4.



Podemos plantearnos el problema anterior de otra manera. Dibujaremos un plano P, que contenga el punto A y que además sea perpendicular a la recta R. Hallamos el punto intersección E de la recta R con el plano P. Para ello, dibujamos un plano M perpendicular a P y que contenga a recta R. La intersección de los dos planos, P y M genera la recta W, y la intersección de las dos rectas, R y W proporciona el punto E, siendo la distancia EA, la mínima entre la recta R y el punto A.

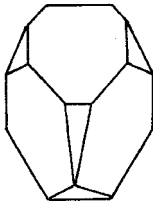


<p><u>Ejercicio 1</u></p> 	<p>Escribe la secuencia de los pasos a realizar para conseguir la mínima distancia de un punto a un plano.</p> <p>1° 2° 3° ...</p>
<p><u>Ejercicio 2</u></p> 	<p>Escribe la secuencia de los pasos a realizar para conseguir la mínima distancia entre dos planos paralelos.</p> <p>1° 2° 3° ...</p>

<u>Ejercicio 4</u>	Escribe la secuencia de los pasos a realizar para conseguir la mínima distancia de un punto a una recta.
	1° 2° 3° ...

7.- POLIEDROS.

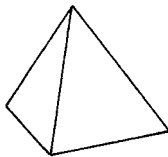
7.1.- Introducción



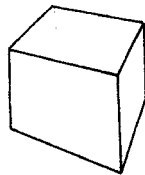
Los poliedros son cuerpos limitados por caras planas. Aquellos que tienen por caras, polígonos regulares, les llamaremos “poliedros regulares. Cuando las caras están definidas por figuras irregulares o por más de dos polígonos regulares, se denominan “polígonos irregulares”.

Poliedros regulares.

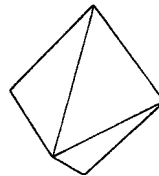
Los poliedros regulares son cinco, el Tetraedro, el hexaedro o cubo, el Octaedro, el Dodecaedro y el Icosaedro



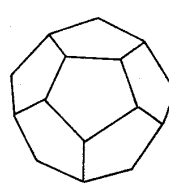
Tetraedro



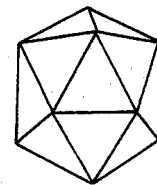
Hexaedro



Octaedro



Dodecaedro



Icosaedro

Poliedro	Polígono de cara	Caras	Vertices	Aristas
Tetraedro	Triángulo equilátero	4	4	6
Hexaedro	Cuadrado	6	8	12

- Proyecciones diédricas de los poliedros.


Cuando encontramos caras paralelas o contenidas en los planos de proyección tiene fácil solución dibujar las proyecciones de estos cuerpos; Dibujamos lo que estamos viendo en verdadera magnitud y a partir de la proyección dibujada podremos de alguna manera dibujar la otra proyección.

No siempre tendremos tanta suerte, habrá momentos en que los elementos que definen a los poliedros, estén situados en planos oblicuos a los de proyección.

 31-Poliedros

 32-Pirámides

 33-Prismas

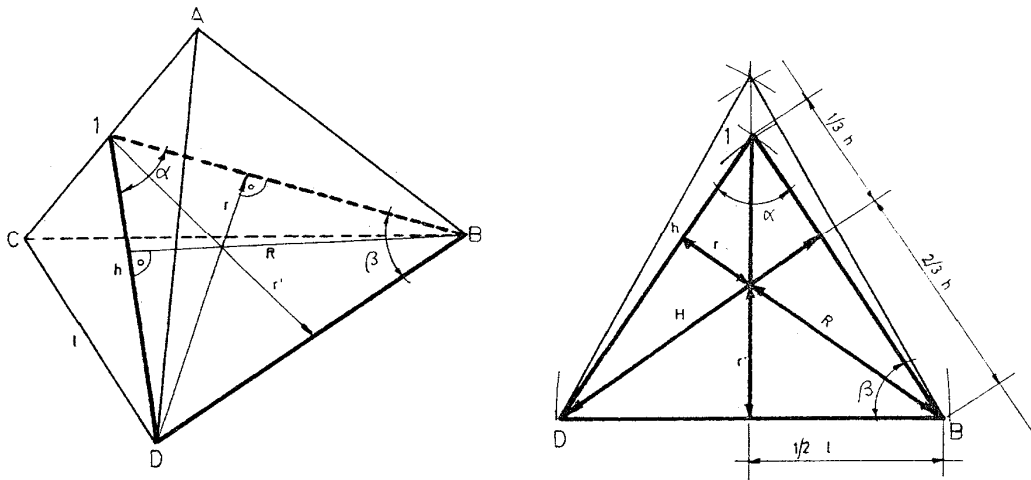
 34-Paralelepípedos y ortoedros

7.2 Estudio de tres Posiciones características de un tetraedro respecto al PH.

SECCIÓN PRINCIPAL DE UN TETRAEDRO.

La sección es la producida por un plano que pasa por una arista y por el punto medio de la arista opuesta. Se forma un triángulo isósceles que tiene por lados, una arista y dos alturas de cara del poliedro.

El primer dato que sacamos de la sección principal en el tetraedro es, que si el plano corta en estas condiciones las aristas opuestas, se deduce que las aristas opuestas se cortan perpendicularmente y en sus puntos medios.

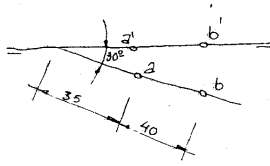


r'	Radio de la esfera tangente a las aristas.
$2r'$	Distancia entre dos aristas opuestas.
r	Radio de la esfera tangente a las caras, inscrita.
R	Radio de la esfera tangente a los vértices, circunscrita.
H	Altura del tetraedro.
h	Altura de cara.
l	Arista.
α	Angulo que forman las caras.
β	Angulo que forma la arista y una cara.

¡¡¡¡¡La sección principal nos proporciona DATOS para resolver los ejercicios.¡¡¡¡¡

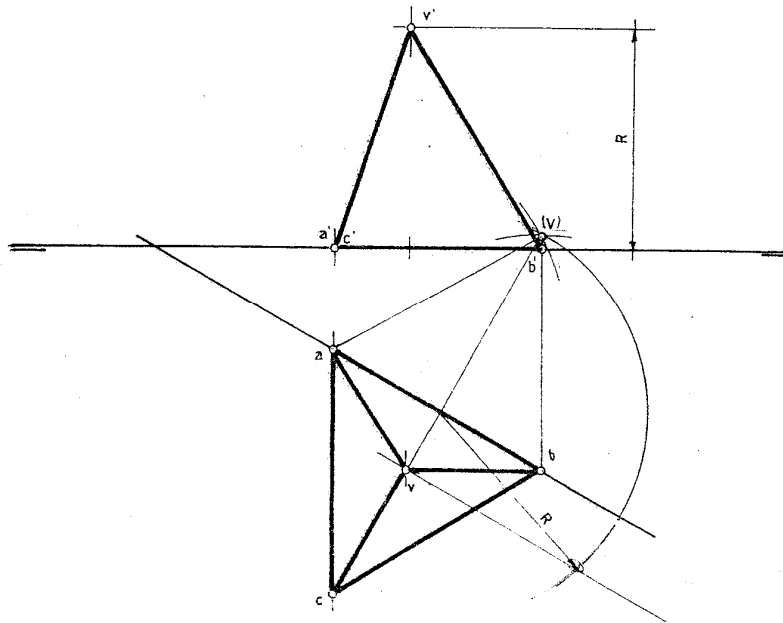
PROBLEMA.

Dibujar las proyecciones de un tetraedro conociendo la situación de dos vértices de la cara básica (A) y (B), la cual sabemos que está contenida en el PHP teniendo el tercer vértice (C) tiene mayor alejamiento que los otros vertices de dicha cara.



El primer paso será el de representar esta cara, conocemos la posición de (A) y de (B) luego conocemos el valor de la arista, podremos dibujar el tercer vértice, dibujando el triángulo equilátero cara del tetraedro contenido en el PHP. El cuarto vértice de la proyección horizontal del cuerpo es de fácil colocación ya que al tener todas las caras del poliedro igual pendiente con respecto a la base y al plano que la contiene por lo que tendrá que estar situado en el punto medio de la base, es decir en el centro de gravedad y ese punto estará donde las bisectrices de los ángulos se corten ya tenemos situado la proyección horizontal de (V).

Para situar las proyecciones verticales de los vértices será (A) (B) (C) son puntos del PH, no tiene cotas, luego estarán situados sobre la LT; del vértice V no conocemos la cota, la podremos calcular, obteniendo la altura del tetraedro de la sección principal.

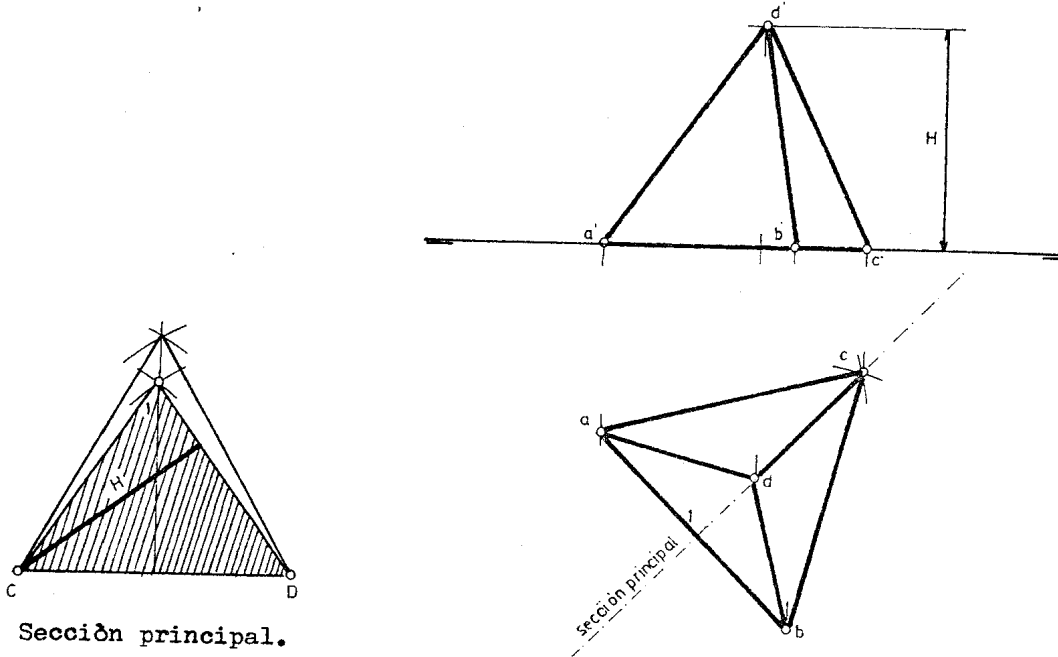


PROBLEMA

Dibujar las proyecciones de un tetraedro conociendo su arista, 40 mm, sabiendo que tiene una cara contenida en el PH.

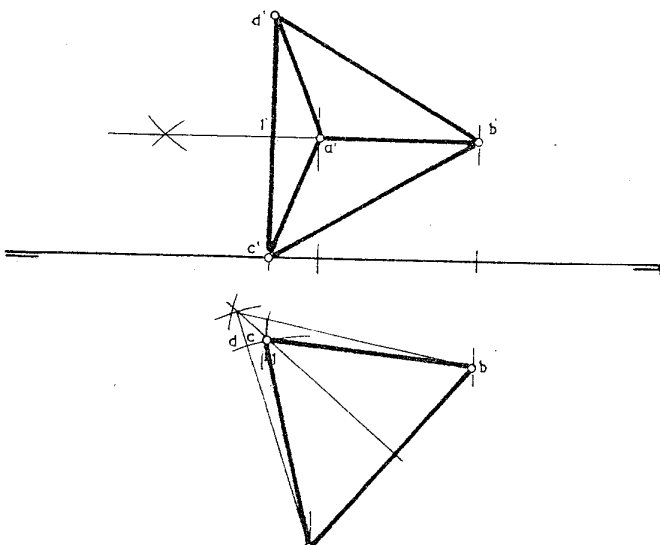
Dibujamos la cara contenida en el PH en la situación que mejor nos parezca ya que no existen condiciones que la fijen, (a-b-c), el cuarto vértice (d) lo situaremos como en el problema anterior.

Dibujar sus proyecciones verticales ya las conocemos por el mismo problema anterior, pero para situar el cuarto vértice (d') del que no conocemos la cota, la podemos sustituir por el valor de la altura del tetraedro (H) en la sección principal.



PROBLEMA

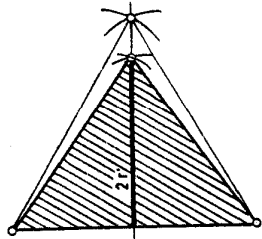
Dibujar las proyecciones de un tetraedro conocida la arista, 40 mm, cuando tiene una de ellas perpendicular al PH,



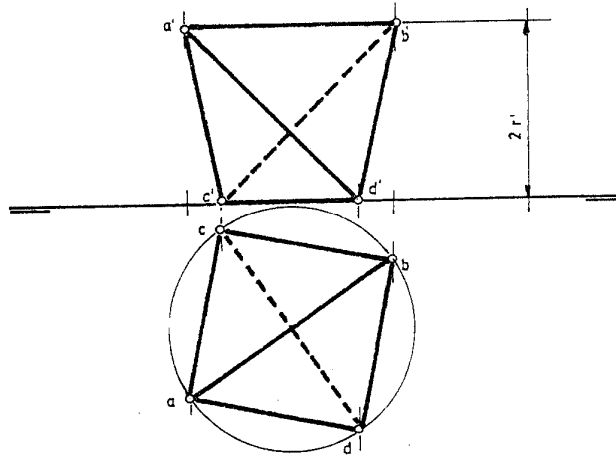
La proyección horizontal, será una sección principal la dibujamos (a-b-l), lógicamente sobre (l) coinciden todos los puntos de la arista perpendicular al PH, luego estará también los de (C) y (D), o sea, (c) y (d). En proyección vertical veremos la arista (D-C) en verdadera magnitud, ya que es paralela al PV; las proyecciones de los puntos (A) y (B) en el PV; las proyecciones de los puntos (A) y (B) en el PV, por pertenecer a la sección principal, estarán sobre la mediatriz de la arista (d'-c')

PROBLEMA.

Dibujar las proyecciones de un tetraedro, conociendo la arista 40 mm, cuando tiene una de ellas contenida en el PH.



Sección principal.



De las infinitas posiciones que puede tomar el tetraedro, con la única condición dada, vamos a tomar aquella que tenga la arista opuesta a la dada, contenida en un plano paralelo al PH o sea un plano frontal.

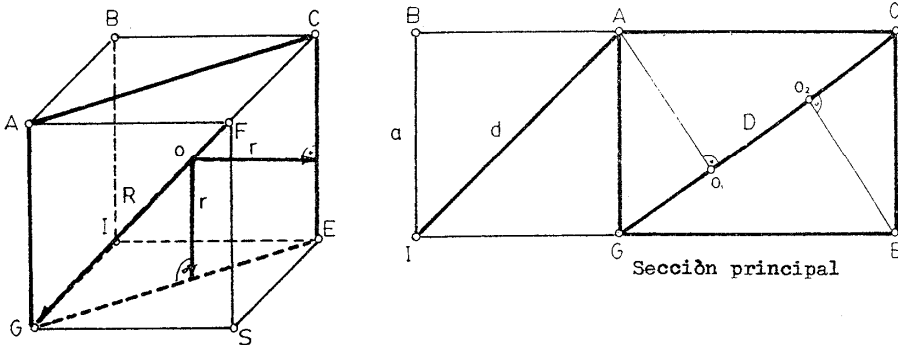
Basándonos en la propiedad de las aristas del tetraedro, que se cortan en proyección, perpendicularmente y en sus puntos medios. En la proyección horizontal, podemos dibujar en verdadera magnitud, la arista contenida en el PH y, por la propiedad antes enunciada, la opuesta la situaremos como mediatriz de la anterior; serán diámetros perpendiculares de una circunferencia.

Para obtener las proyecciones verticales, nos fijaremos en las dos secciones principales, que tenemos en proyección horizontal, formada por la arista contenida en el plano horizontal (a-b) y el punto medio de la arista opuesta (d-c), que tiene un elemento paralelo al PV, la altura de la sección, que es la distancia entre aristas opuestas; existe otra sección principal formada por la arista (c-d) y el punto medio de la (a-b) que también tiene la altura en verdadera magnitud en el PV, ya que es paralela. Si llevamos sobre una perpendicular a la LT, esta distancia, podemos colocar las proyecciones verticales de los vértices del tetraedro.

7.3.- Estudio de tres Posiciones características de un hexaedro respecto al PH.

SECCION PRINCIPAL DEL HEXAEDRO.

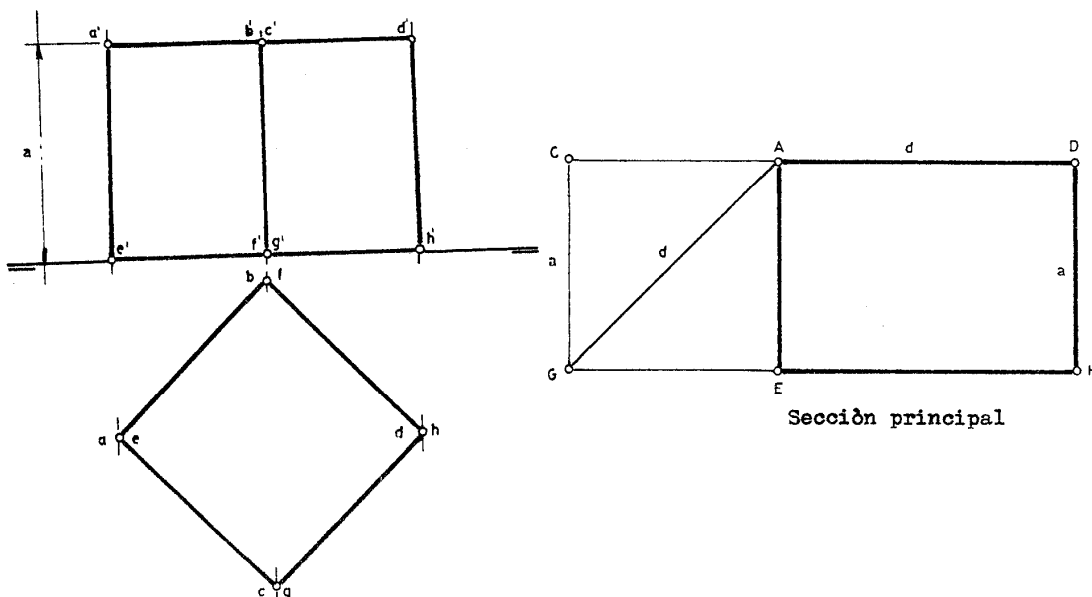
Es la que organiza un plano que pasa por las aristas opuestas, formando un rectángulo que tiene por lados, dos arista y dos diagonales de cara del hexaedro. En todo cubo o hexaedro habría dos secciones principales, que se cortan perpendicularmente en sus líneas medias, esto quiere decir que si vemos una en verdadera magnitud, la otra la veríamos como una línea recta, resultado de unir los puntos medios de las diagonales de cara, lados de la anterior.



D	Diagonal del cubo.
d	Diagonal de la cara.
a	Arista del cubo
r	Radio de la esfera tang a las caras, esfera inscrita $r=a/2$
r'	Radio de la esfera tang a las aristas $r'=d/2$
R	Radio de la esfera tang a los vértices del cubo, esfera circunscrita $r=D/2$

PROBLEMA.

Dibujar las proyecciones de un hexaedro, dada la arista 40 mm, cuando tiene una cara en el PH.

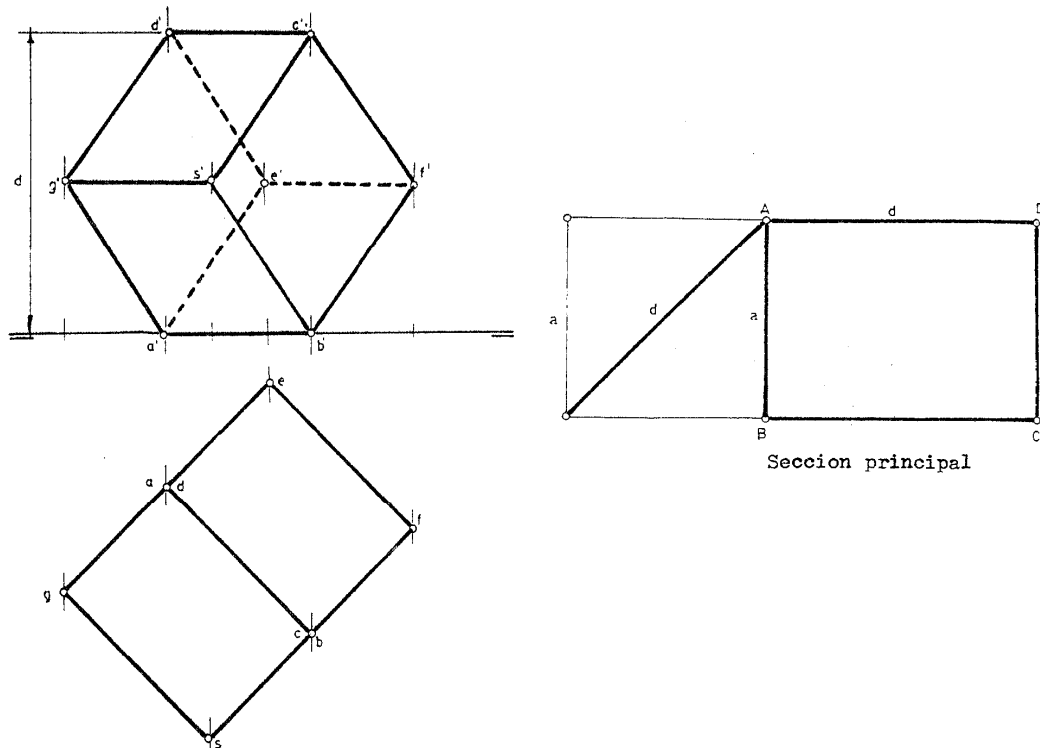


La proyección horizontal del hexaedro, será un cuadrado, cuyos vértices serán dobles, y que las líneas-lados del cuadrado están representado a las caras perpendiculares al PH.

Para dibujar las proyecciones verticales, vemos que es la sección principal del cubo, teniendo una cara confundida en la LT, la cara paralela a esta estará a una distancia arista de la LT, lado menor de la sección principal.

PROBLEMA.

Dibujar las proyecciones de un cubo que tiene una arista contenida en el PH. La arista mide 40 mm.



Este problema puede plantearse en función de las distintas posiciones que tenga el cubo con respecto al PH, vamos a tomar aquella en que la sección principal que contiene a la arista dada sea perpendicular al PH, que es la sección ADBC.

Dibujamos la sección en el plano PH, como esta sección es paralela a dicho plano, veremos las aristas (D-C) y la (A-B) confundidas, ya que ellas forman la sección que mencionamos al principio.

La proyección vertical de la sección (ABCD) la cual vemos en verdadera magnitud, los lados diagonales de cara del poliedro. La situación de la sección (SGEF) estarán en las mediatrices de la anterior sección.

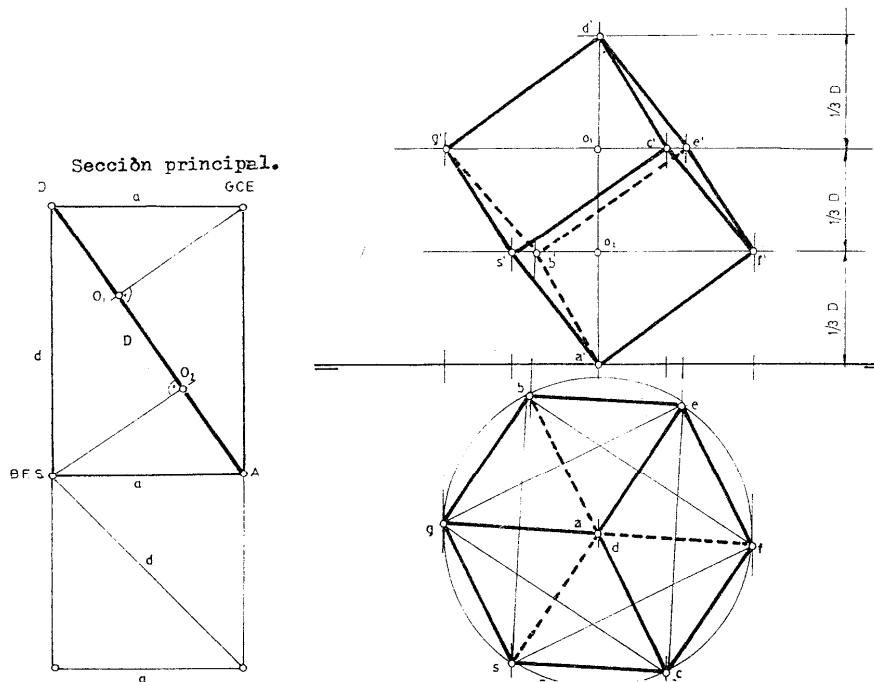
PROBLEMA.

Dibujar las proyecciones de un hexaedro cuando tiene una diagonal perpendicular al PH. Conociendo su arista 40 mm.

En el hexaedro tenemos unos vértices que están situados en proyección ortogonal, sobre la diagonal que es perpendicular al PH, sobre las terceras partes de dicha diagonal, es decir los vértices se proyectaran sobre las diagonales de sus secciones principales respectivas, teniendo común todas estas secciones, la diagonal (D-A). Los vértices (B), (S) y (F) se proyectaran a un tercio de (D) y los vértices (G), (E) y (C) a un tercio de (A).

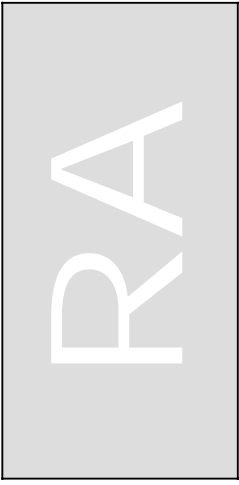
Estos mismos vértices formaran triángulos equiláteros de lados las diagonales de cara, siendo estos paralelos al PH. Así su proyección horizontal será un hexágono regular inscrito en una circunferencia definida por dos triángulos, (BSF) y (GEC), equiláteros opuestos por sus vértices.

En proyección vertical veríamos varias secciones como decíamos antes (ACDB), (GADF) y (SADE), todas tienen por común la diagonal (AD). Si dividimos esta diagonal en tres partes iguales y por ellas pasamos líneas paralelas a la LT, sobre ellas se asentarán las proyecciones verticales de los vértices de los triángulos que nombrábamos, que estas líneas serían las trazas de los planos que los contendrían.



ANEXO 2

Material didáctico del curso basado en Realidad Aumentada.



**CURSO PARA MEJORA
DE LAS HABILIDADES ESPACIALES.
PERSPECTIVAS Y VISTAS NORMALIZADAS
MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA.**

Cuaderno de ejercicios



**CURSO PARA MEJORA
DE LAS HABILIDADES ESPACIALES.**

**PERSPECTIVAS Y VISTAS NORMALIZADAS
MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA.**

Marcas figuras Realidad Aumentada

Cuaderno de ejercicios

El alumno desarrollará en este cuaderno todos los Ejercicios propuestos.

Adjunto a este cuaderno de ejercicios el alumno dispone de un cuaderno de Marcas fiduciales, que son visualizadas en Realidad Aumentada.

En el ordenador se ha instalado el programa “LABHUMAN”, desarrollado para esta experiencia. Debe ejecutar este programa, y aparecerá en pantalla una ventana con la imagen que está capturando la Cámara web.

Las marcas fiduciales deben estar en el campo de Visualización de la cámara web, de esta forma el Sistema convierte esta marca fiducial en una figura Tridimensional virtual.

Nota del autor: Entendemos que esta es una Aplicación en pruebas, y algunos ejercicios pueden Tener algún error del tipo (línea que no existe, Línea continua, es discontinua...). Los errores son Pocos pero sabemos que los hay. Estamos trabajando Para mejorar este material.

Saludos y buen trabajo. Jorge Martín



Marcas fiduciales Realidad Aumentada

En el ordenador se ha instalado el programa.

“LABHUMAN”, desarrollado para esta experiencia.

Debe ejecutar este programa, y aparecerá en pantalla una ventana con la imagen que está capturando la Cámara web.

Las marcas fiduciales deben estar en el campo de Visualización de la cámara web, de ésta forma el Sistema convierte esta marca fiducial en una figura Tridimensional virtual.

Duración : 2 horas

- Instrucciones y explicación del curso
- Nivel 1.1. Identificación de superficies
- Nivel 1.2. Identificación de superficies
- Nivel 1.3. Identificación de vértices

Duración 2 horas

- Nivel 2.1. Discriminación de Vistas
- Nivel 2.2. Discriminación de Vistas

Duración 2 horas

- Nivel 3.1. Recuentos.
- Nivel 3.2. Vistas Mínimas

Duración 2 horas

- Nivel 4.1. Obtención de Vistas. Tercera vista
- Nivel 4.2. Obtención de Vistas.

Duración 1 hora

- Nivel 5. Obtención de Perspectivas.

Teclas:

F (pantalla completa o minimizada)

**Q (salir del programa, se cierra la aplicación
De realidad aumentada)**

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

RECONOCIMIENTO

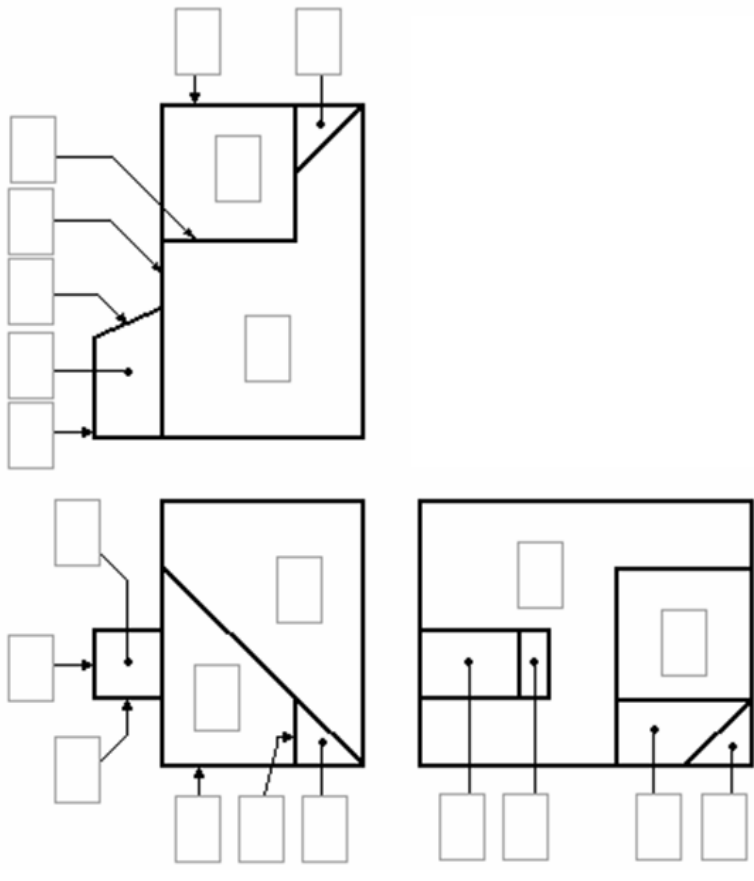
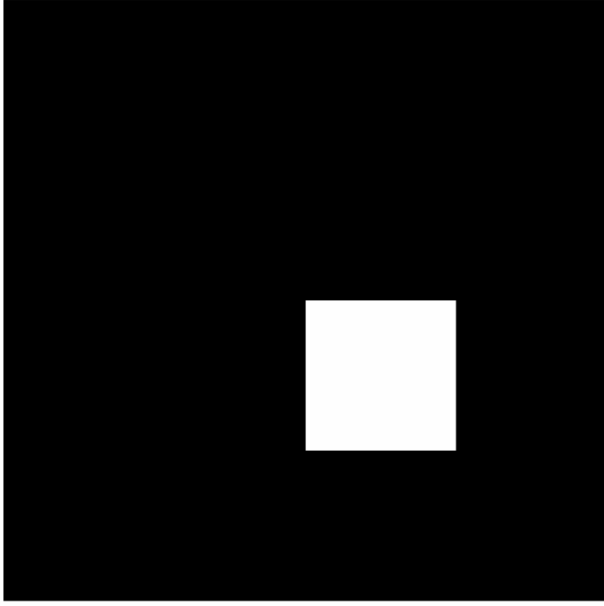
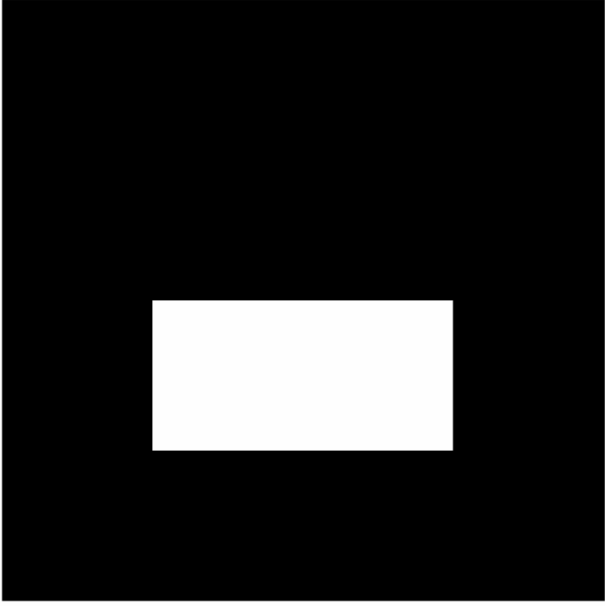
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.

N-1.1.
Ejemplo-
1/10

N-1.1.
Ejemplo-
1/10

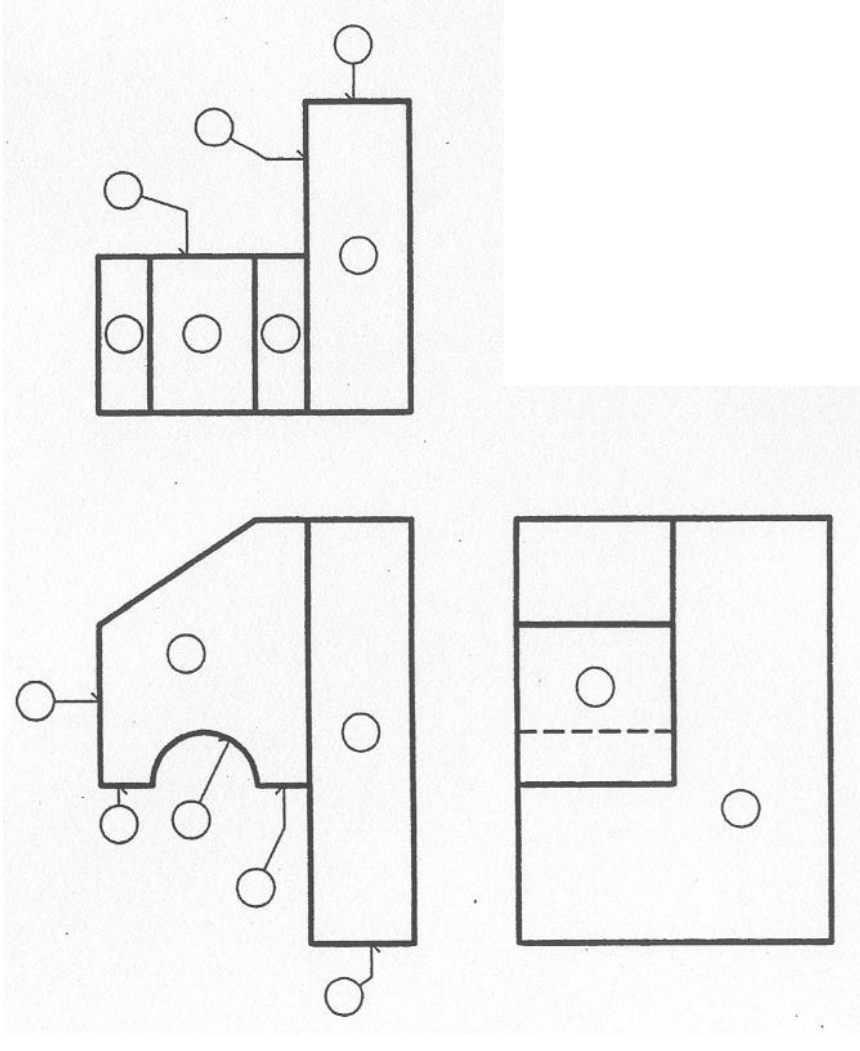
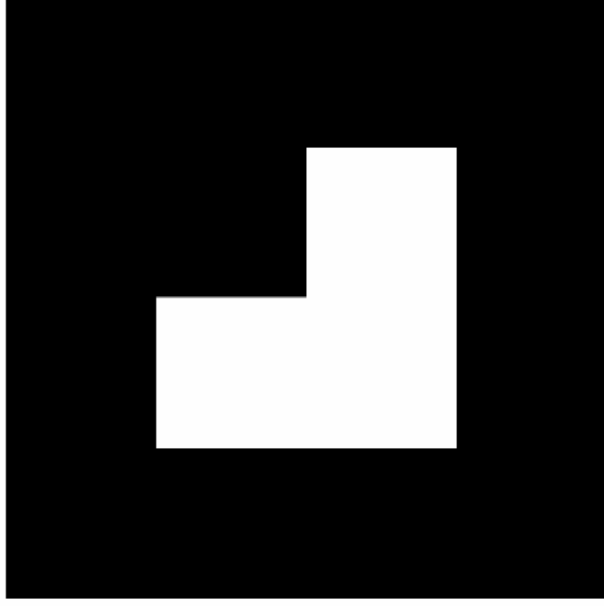
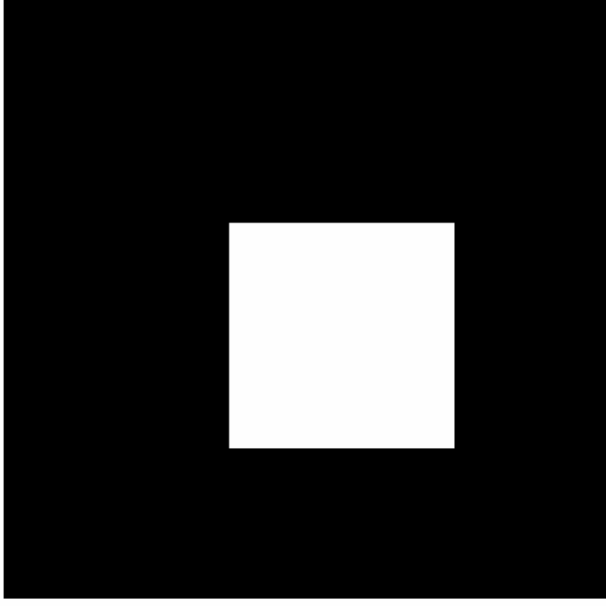
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



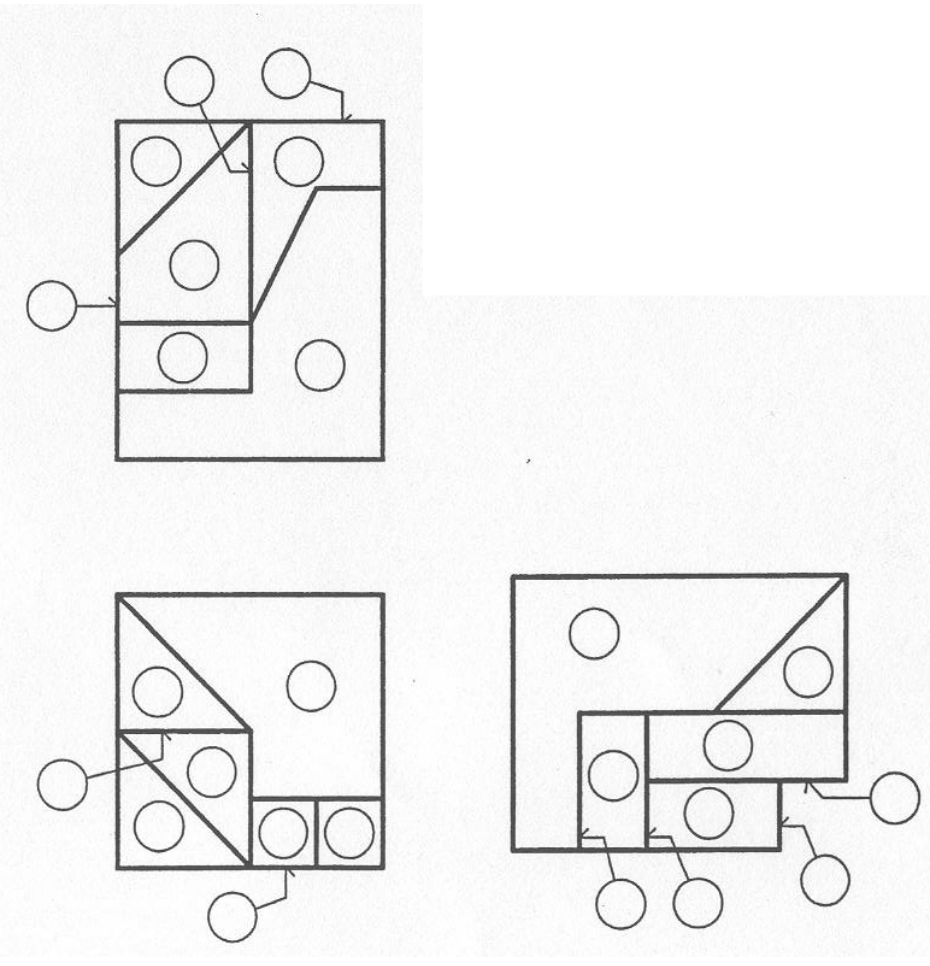
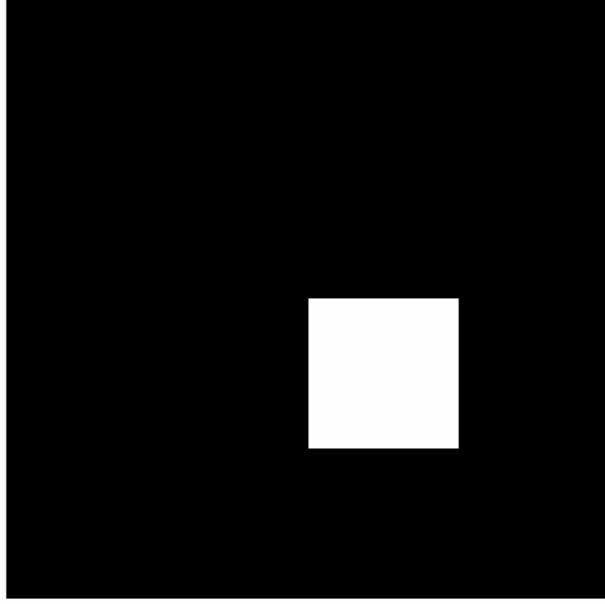
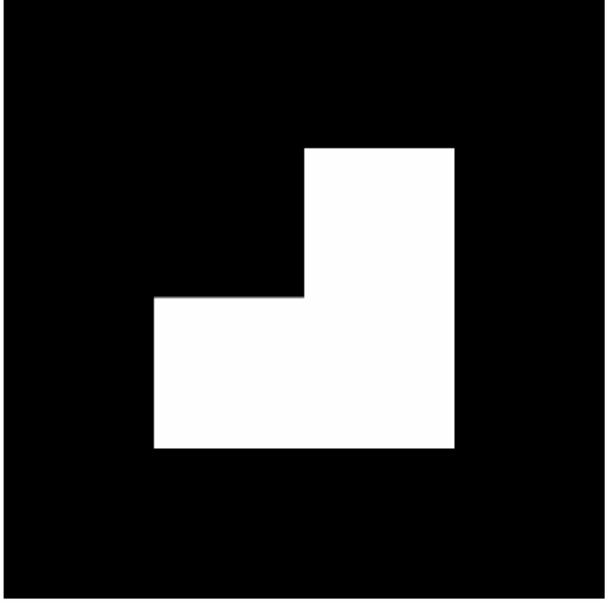
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



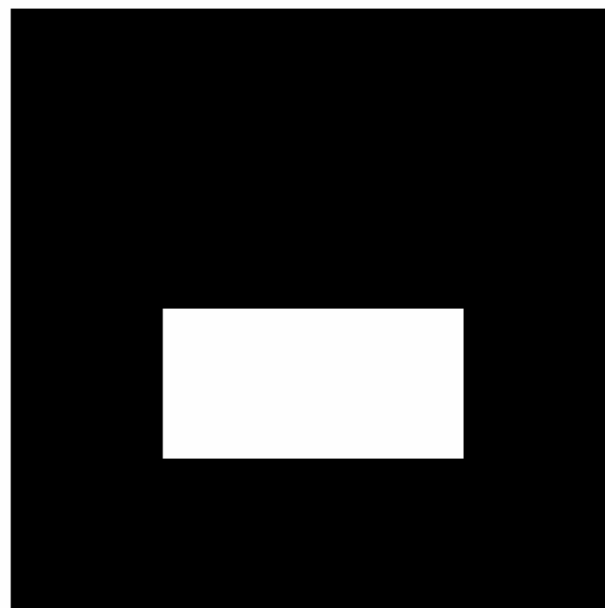
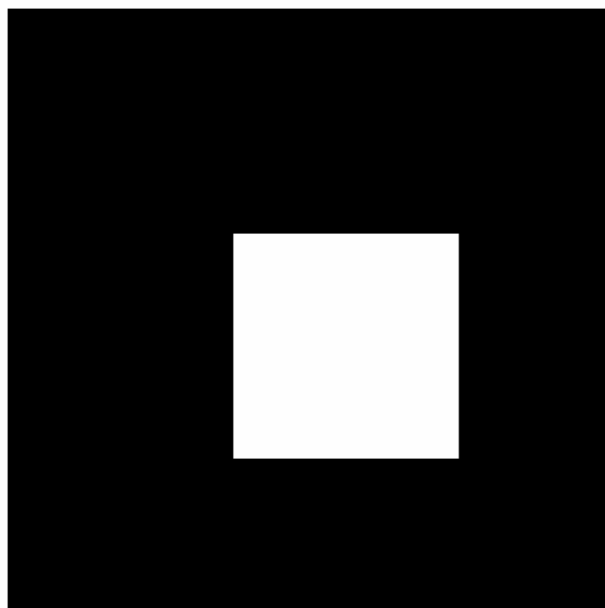
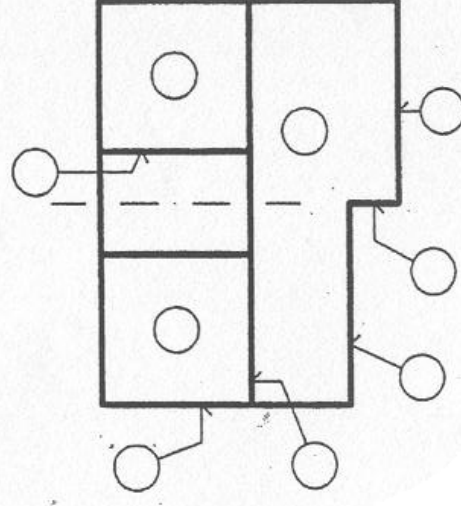
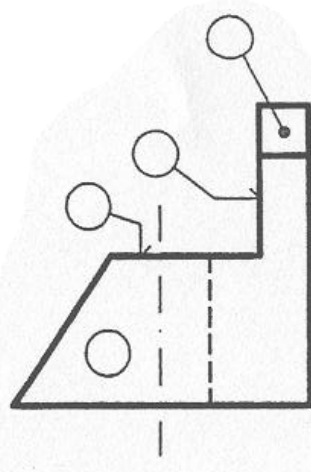
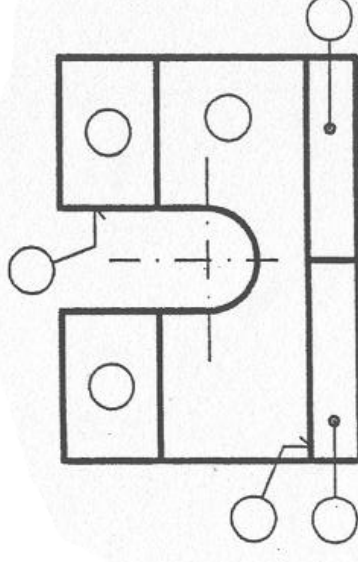
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



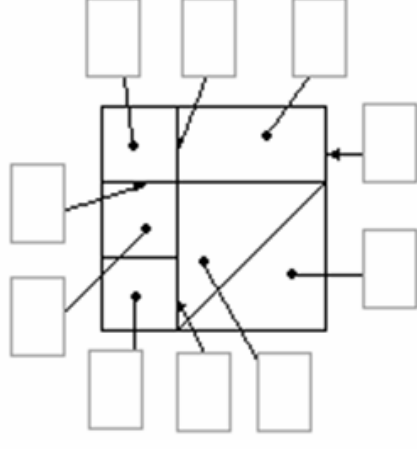
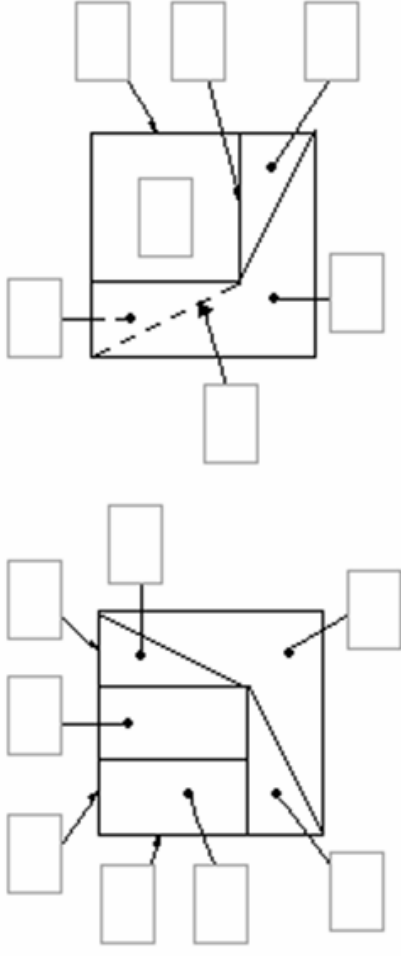
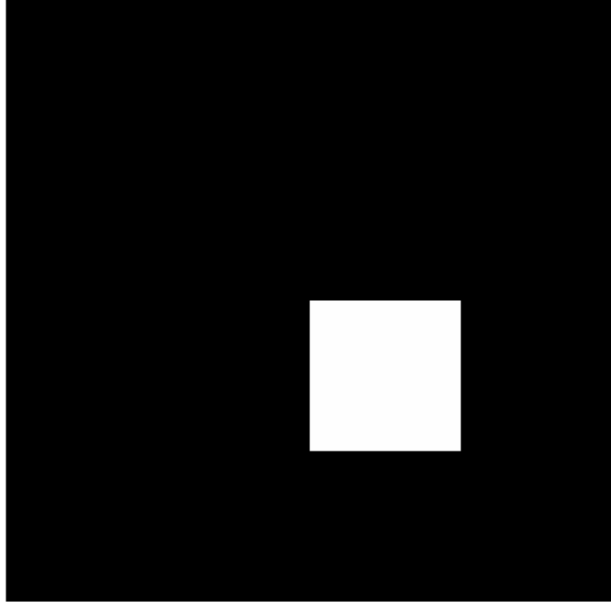
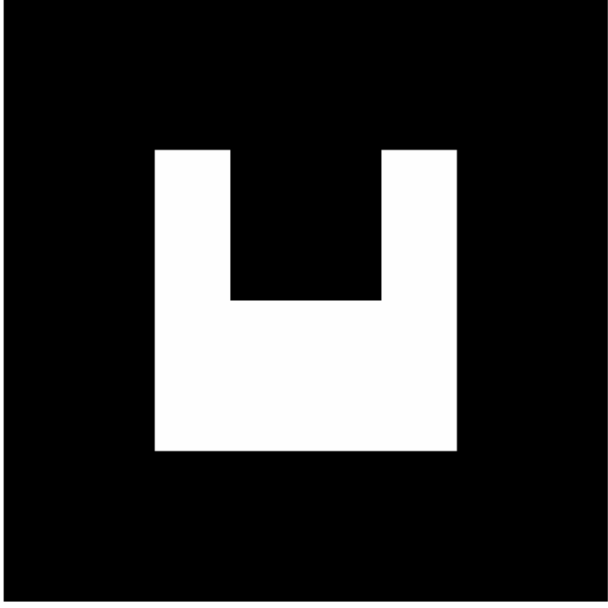
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



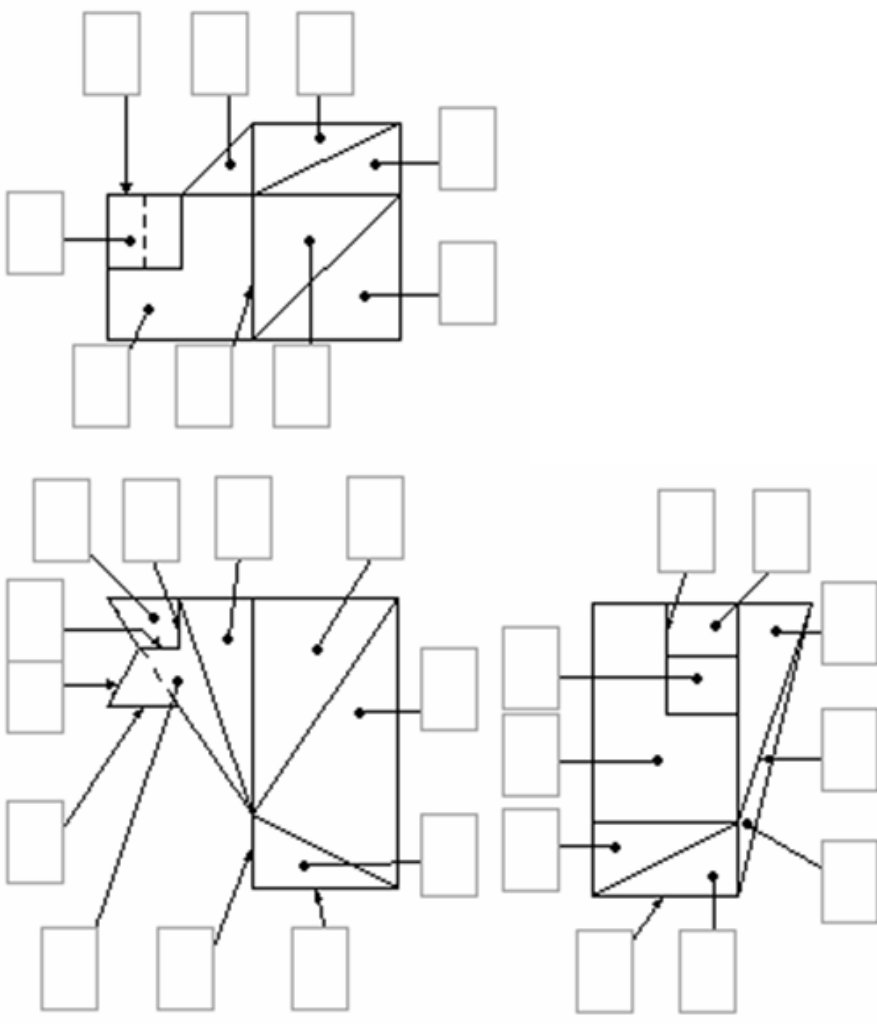
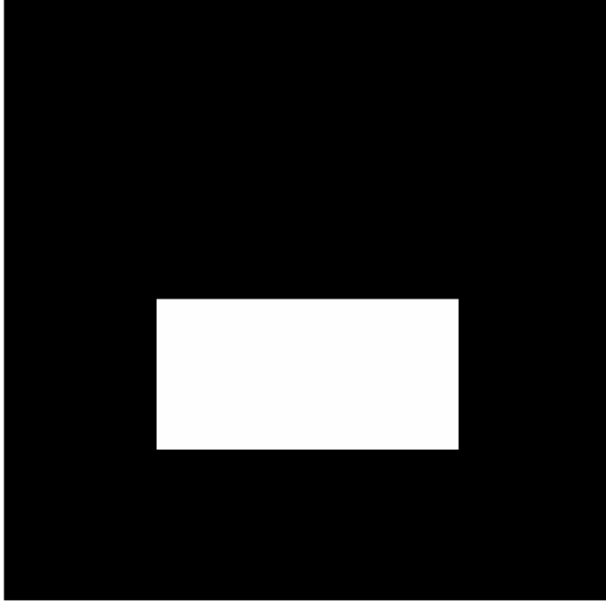
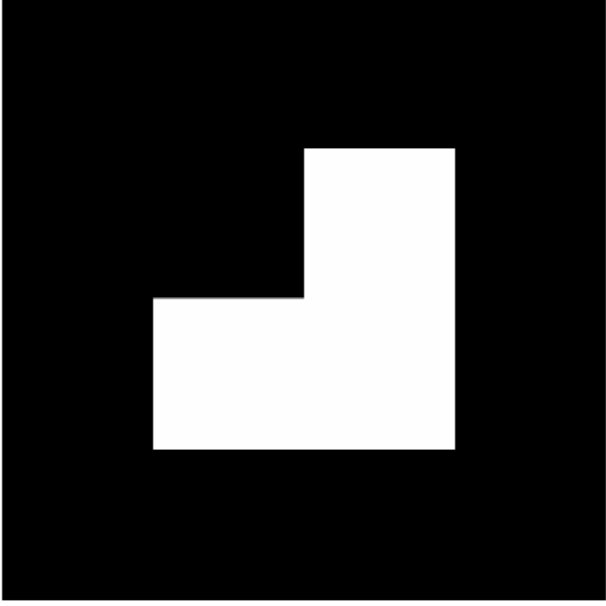
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



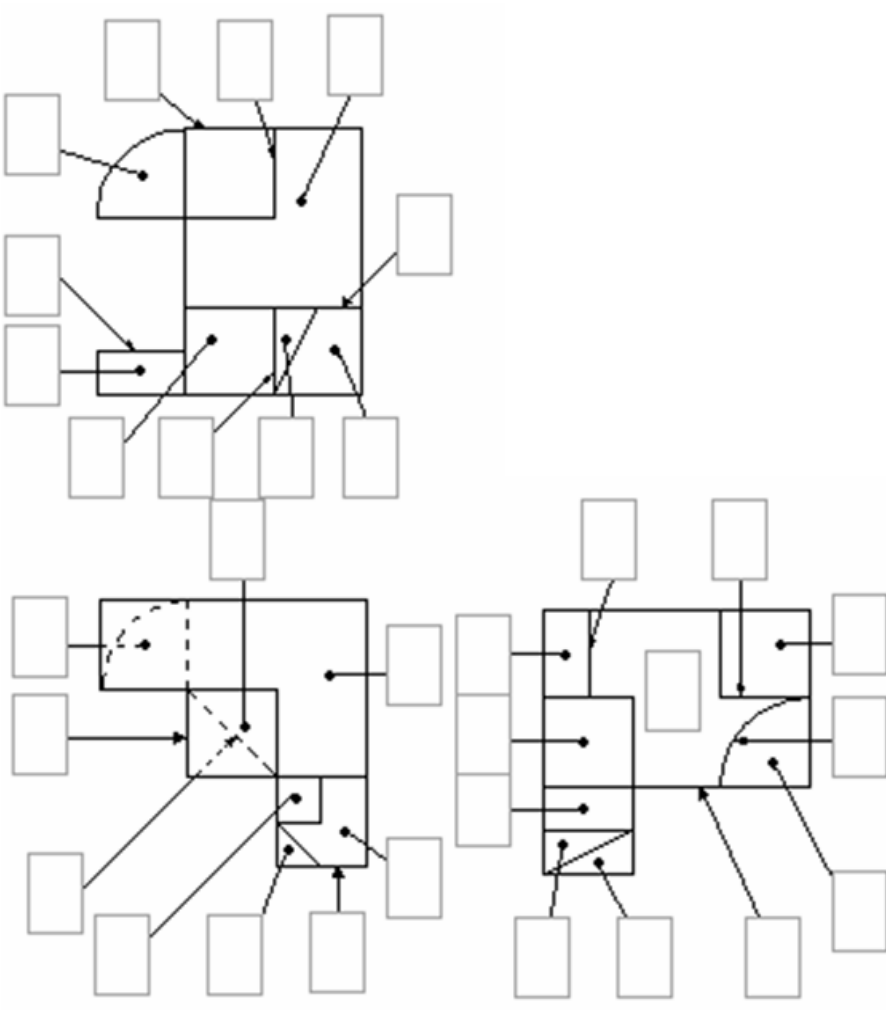
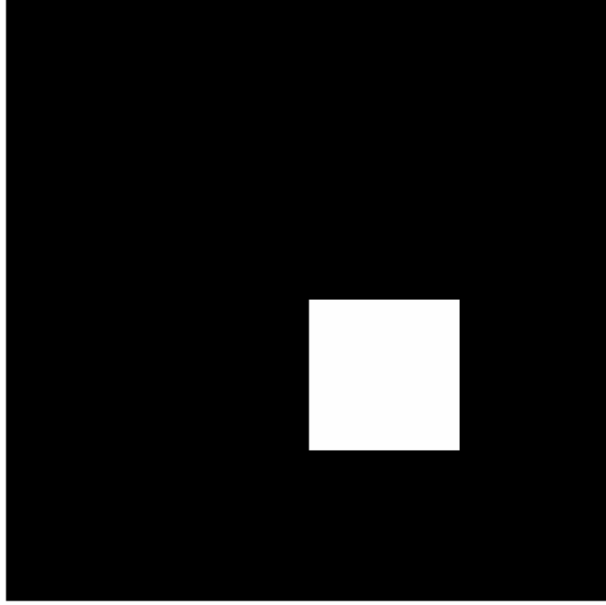
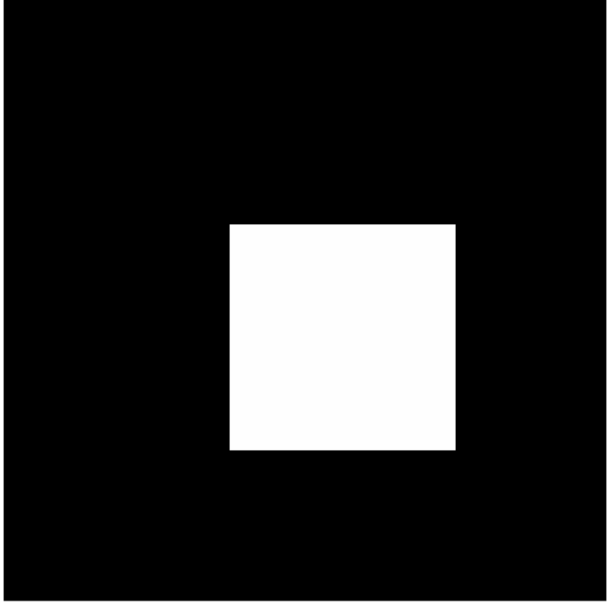
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



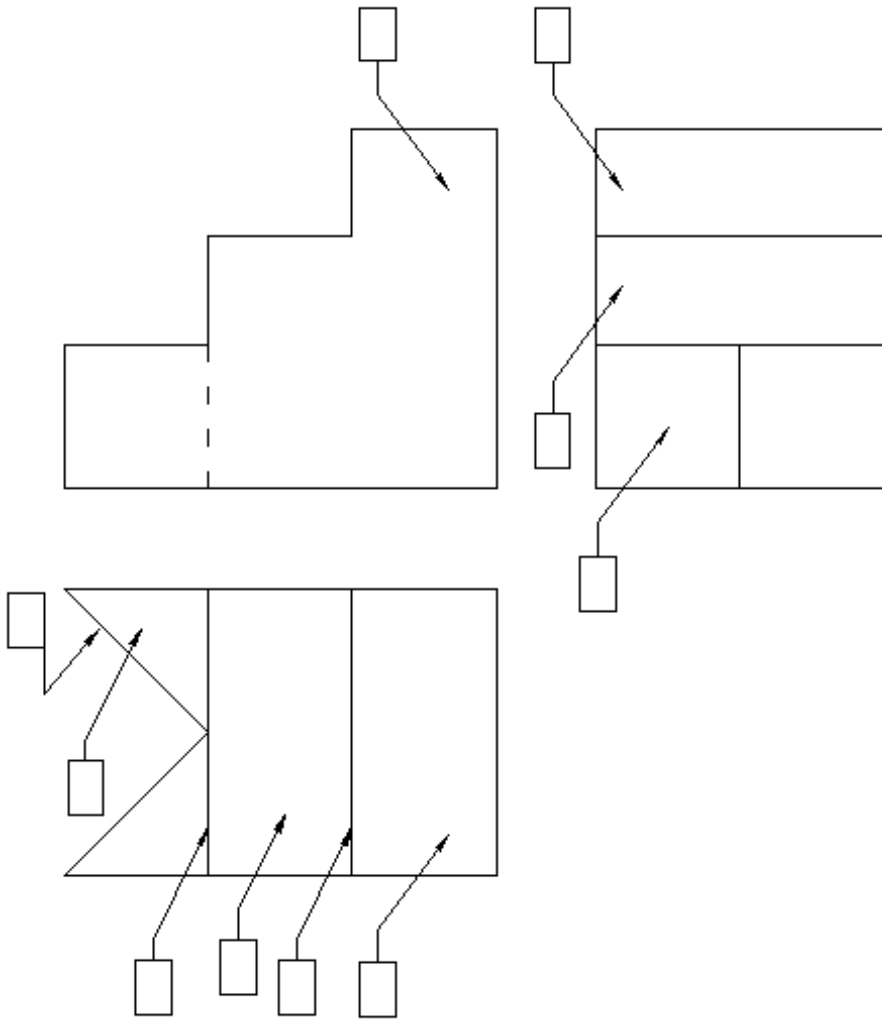
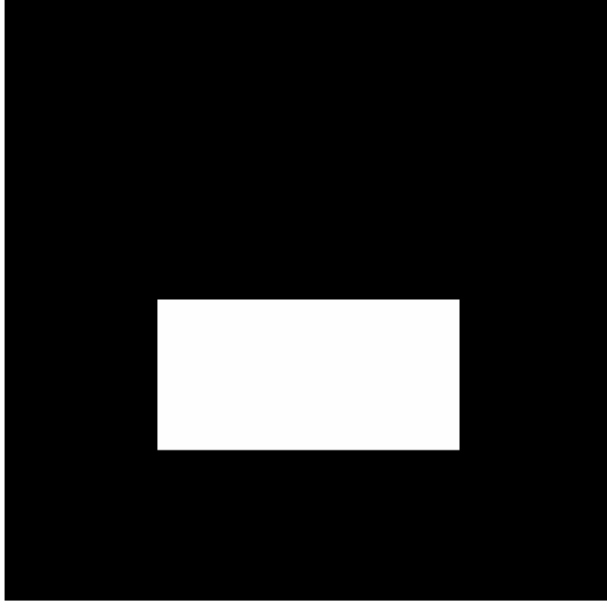
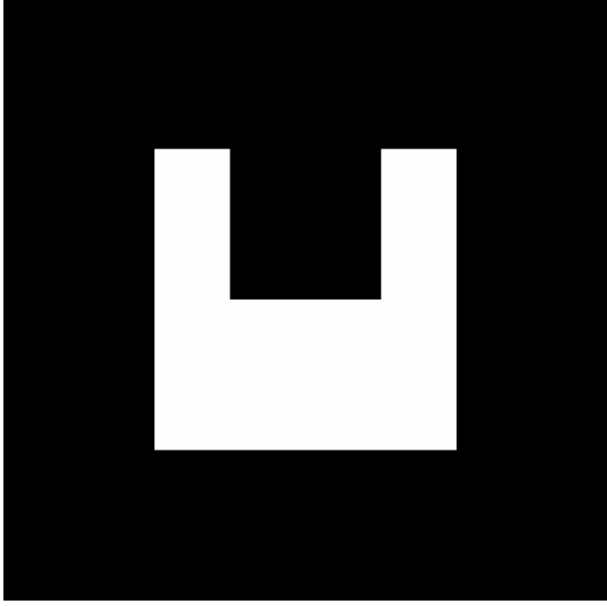
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



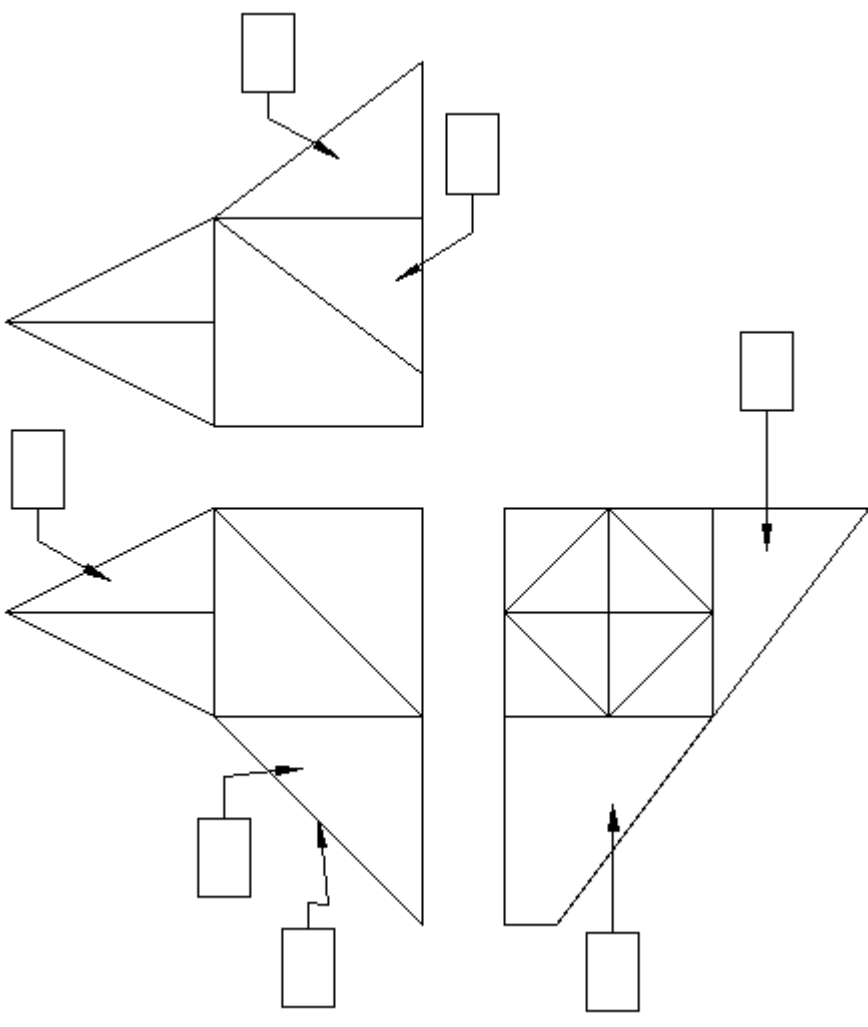
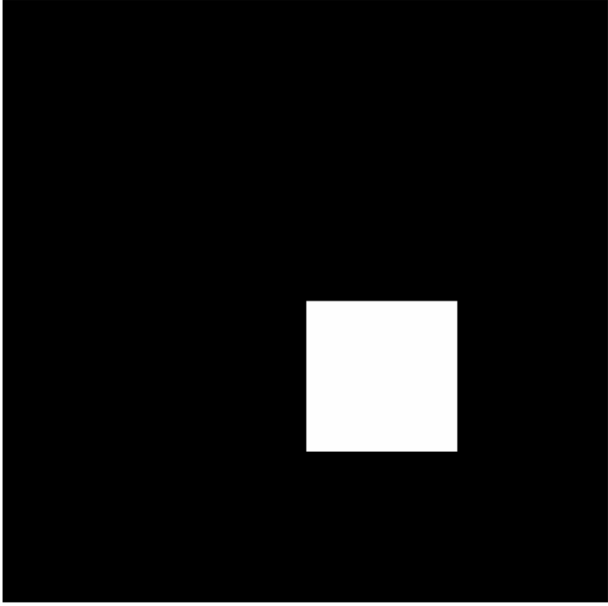
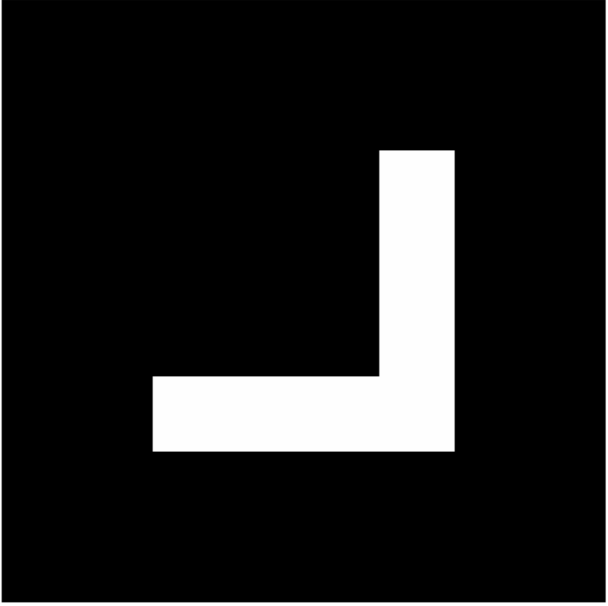
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



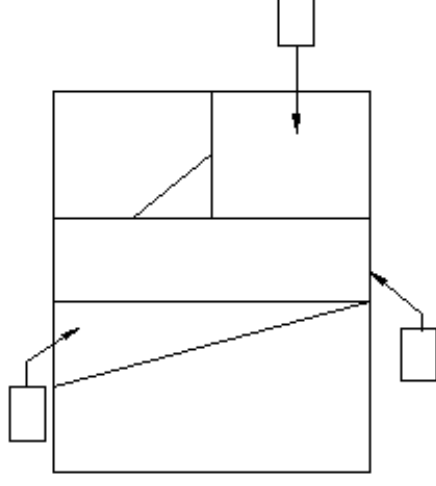
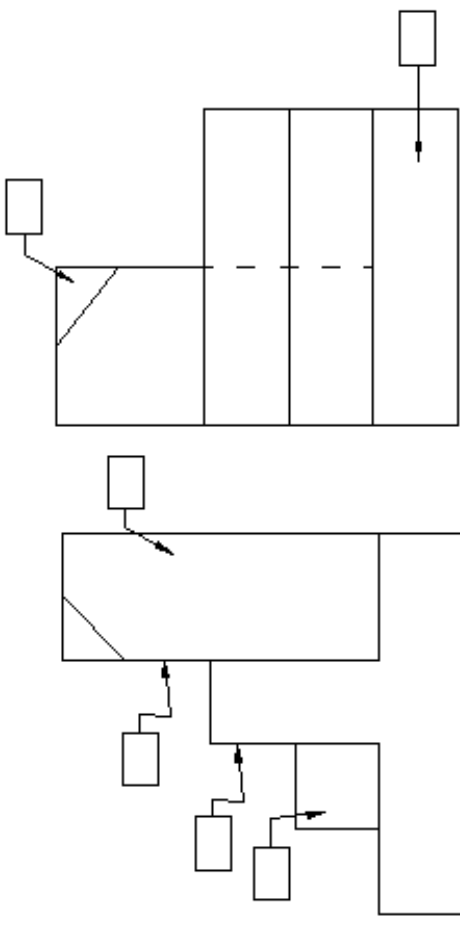
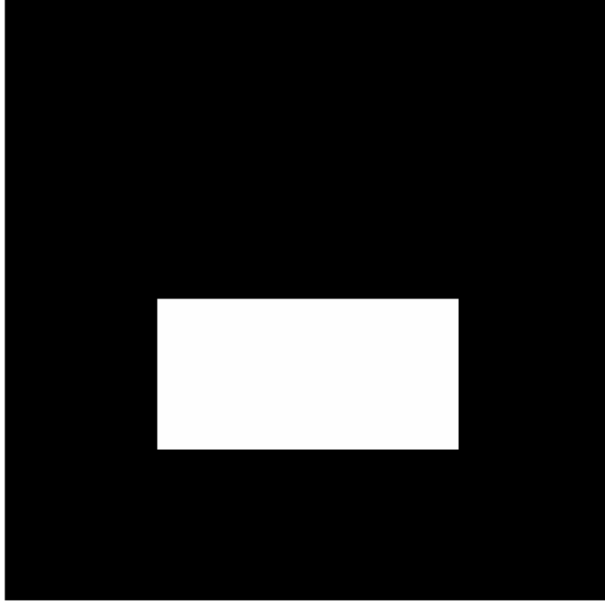
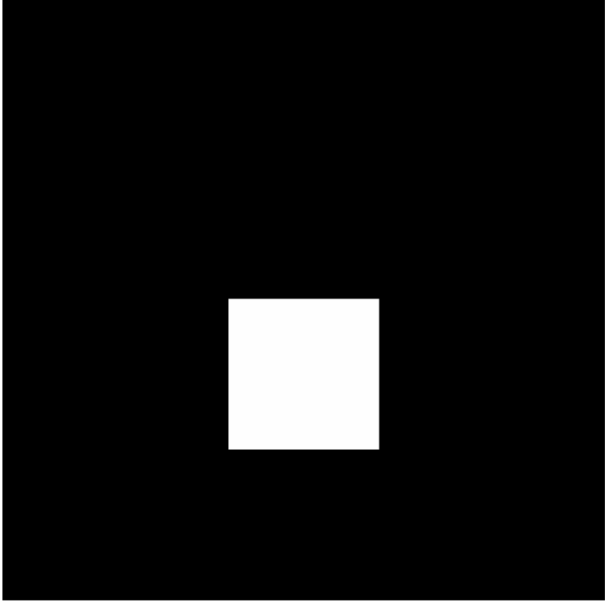
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.1. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Perspectiva

Identificar en las vistas las superficies marcadas en la perspectiva.

Escribir en las vistas el número que corresponde en la cara marcada en la perspectiva.



NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

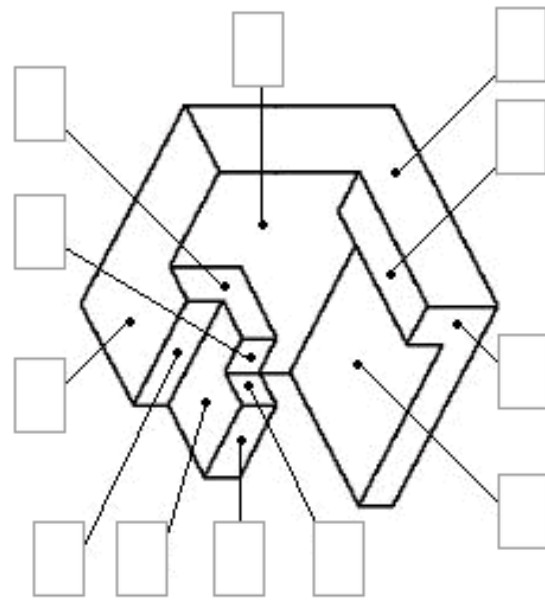
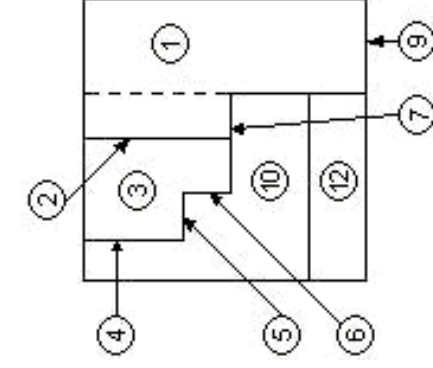
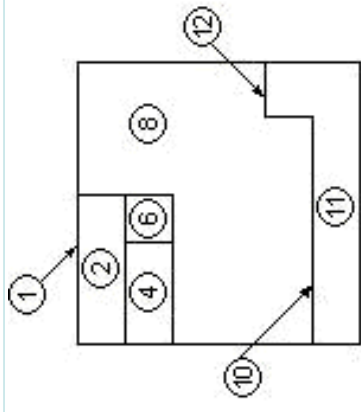
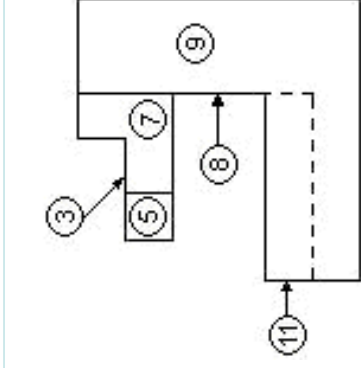
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

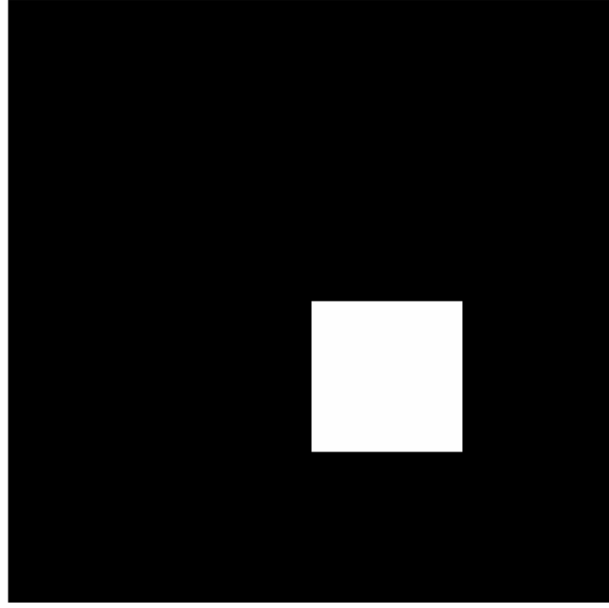
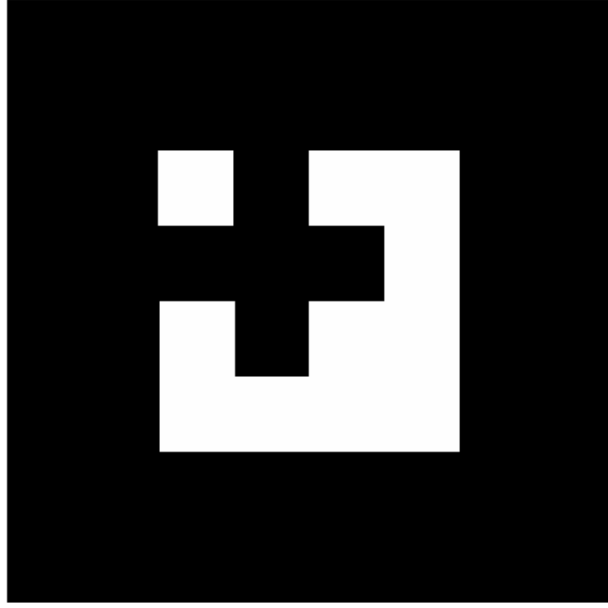
Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.



ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.
(NÚMEROS SOBRE LAS CARAS)

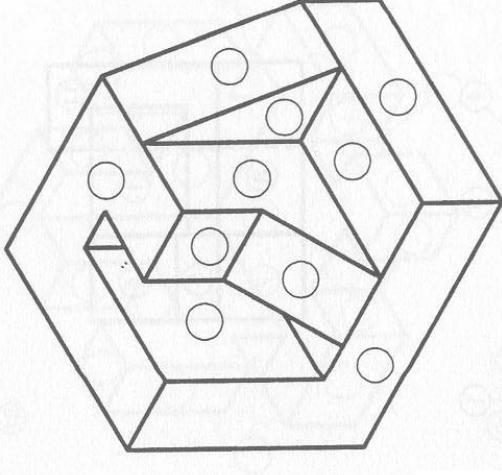
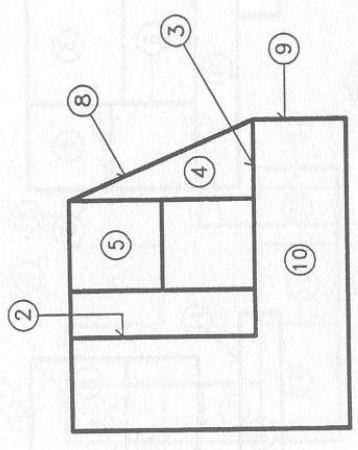
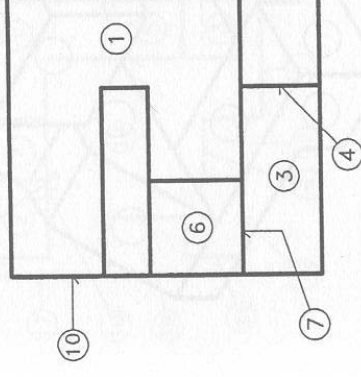
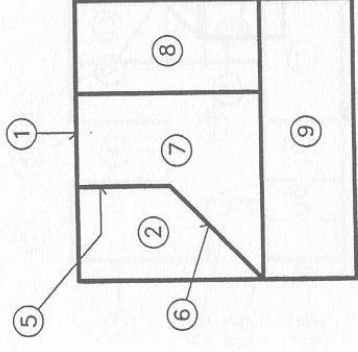
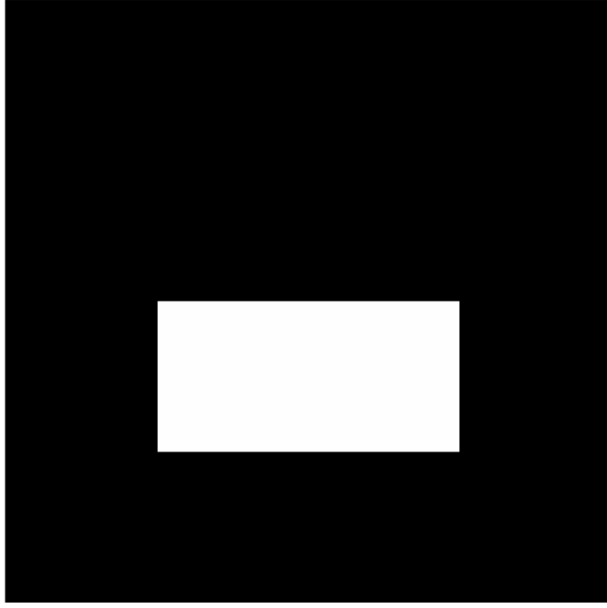
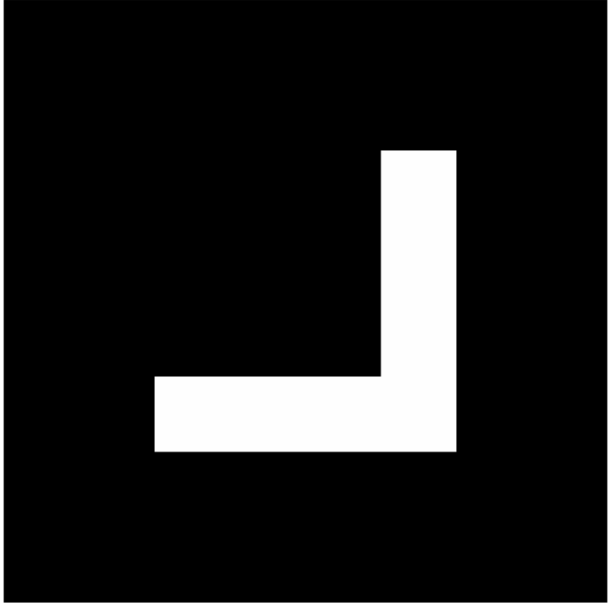


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies las superficies marcadas con números en las vistas.

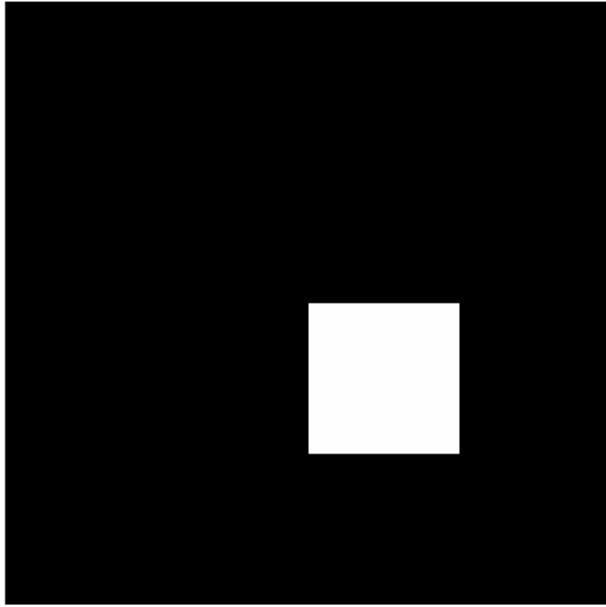
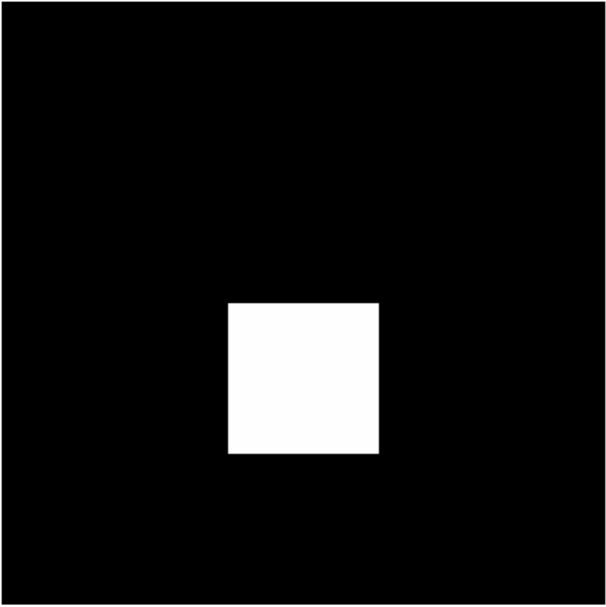
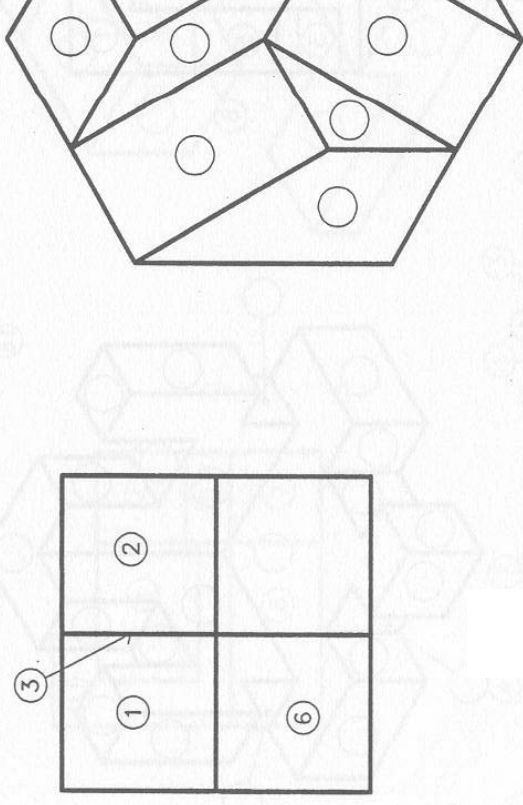
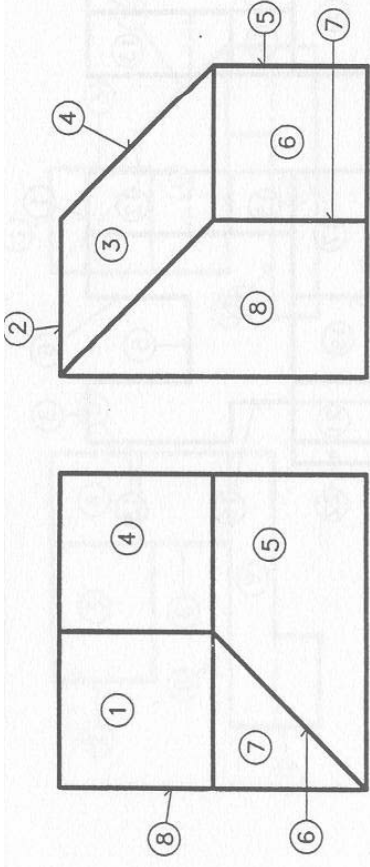


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.

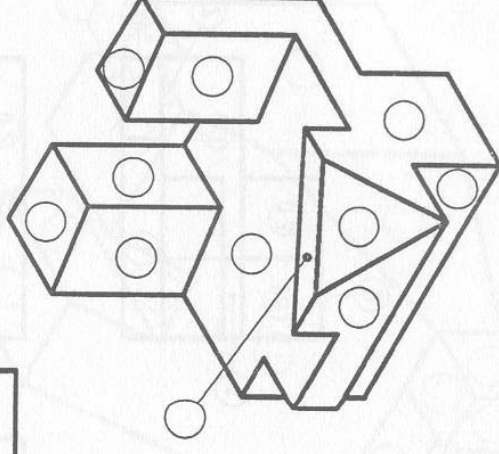
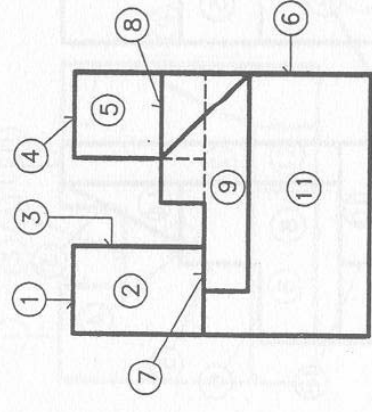
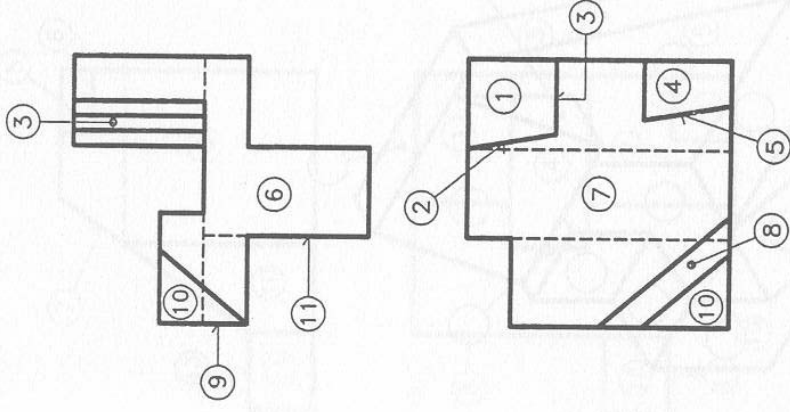
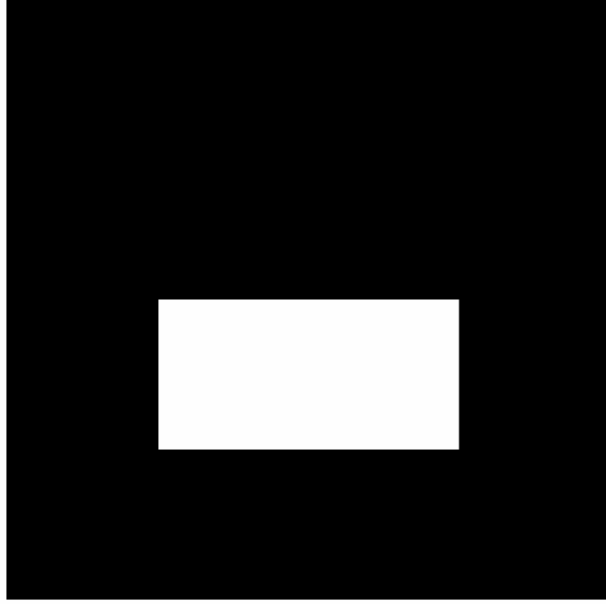
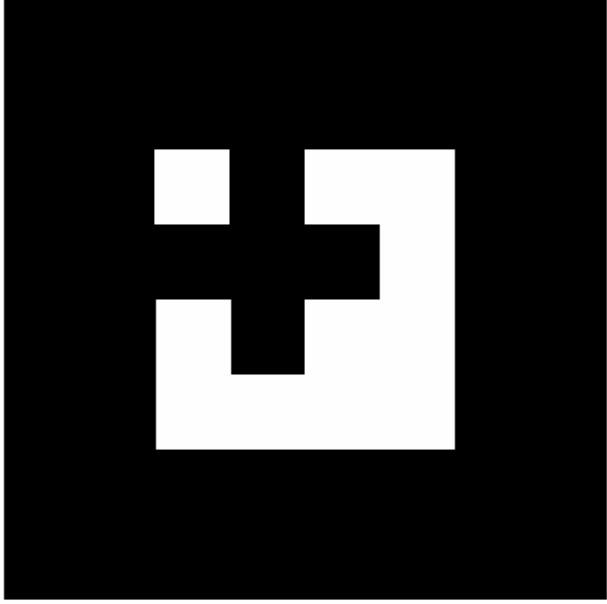


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.

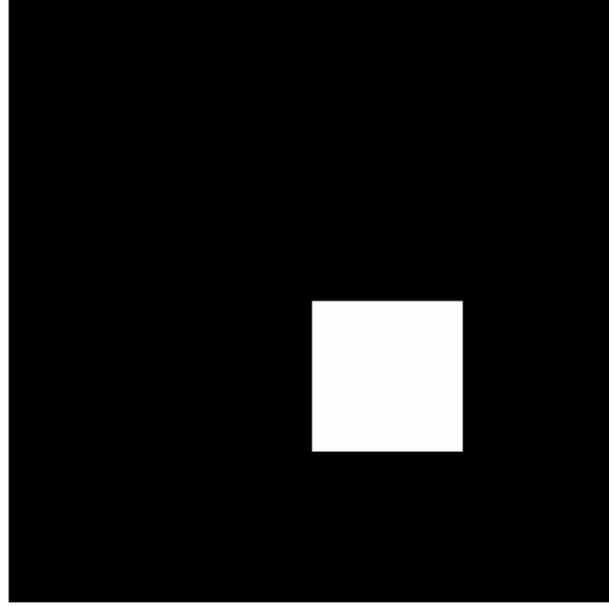
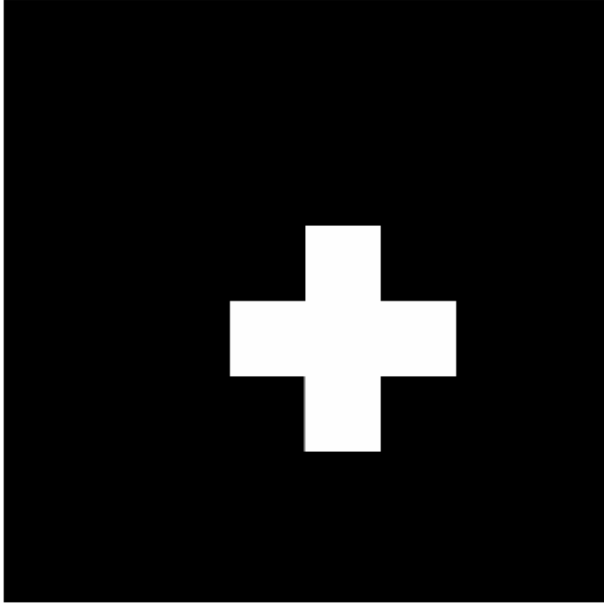
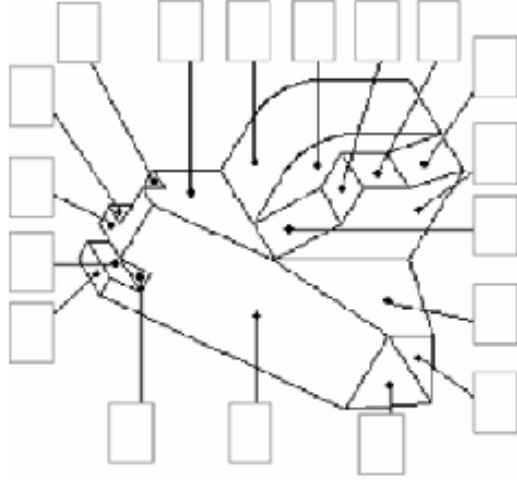
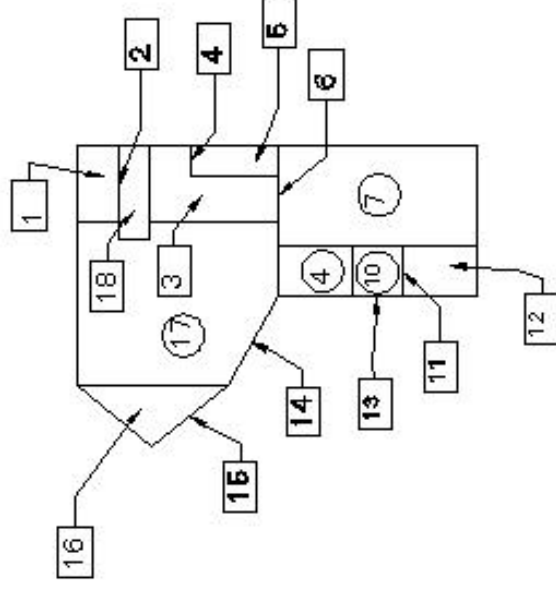
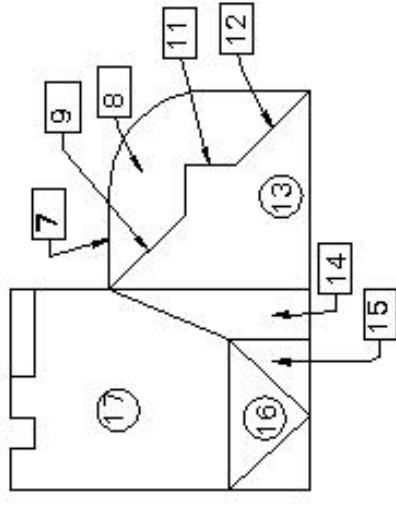
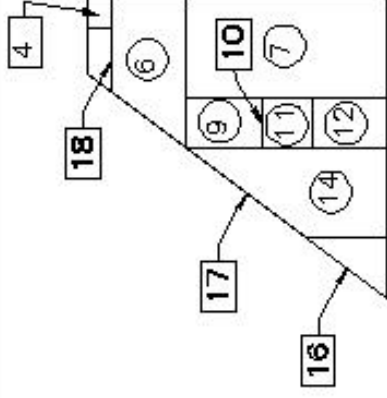


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.

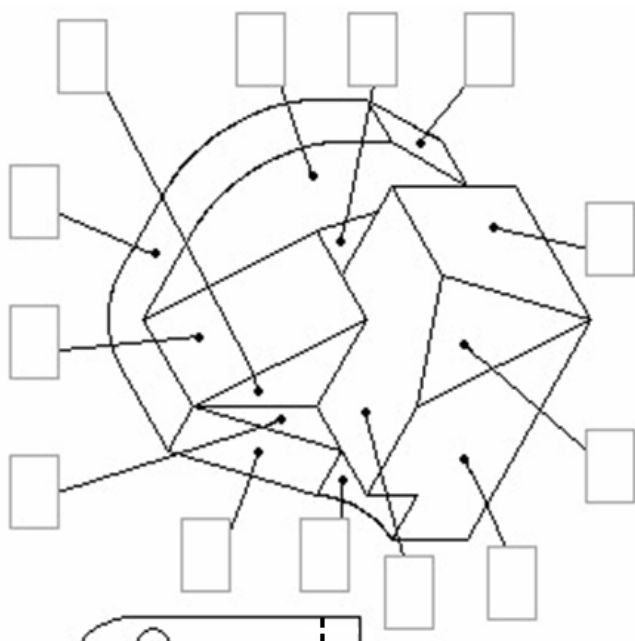
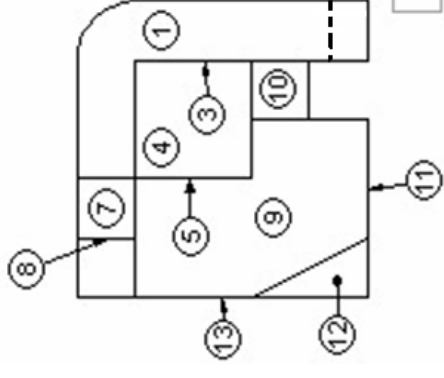
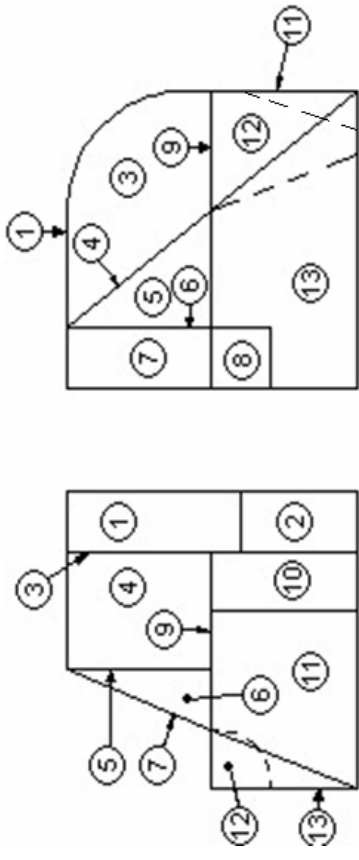
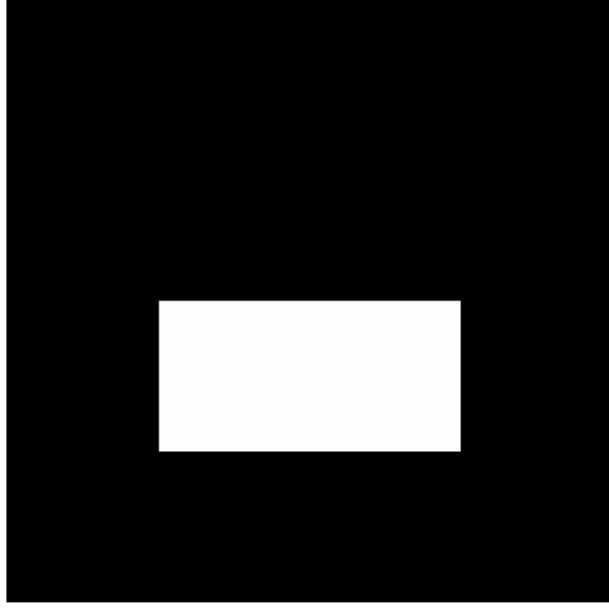
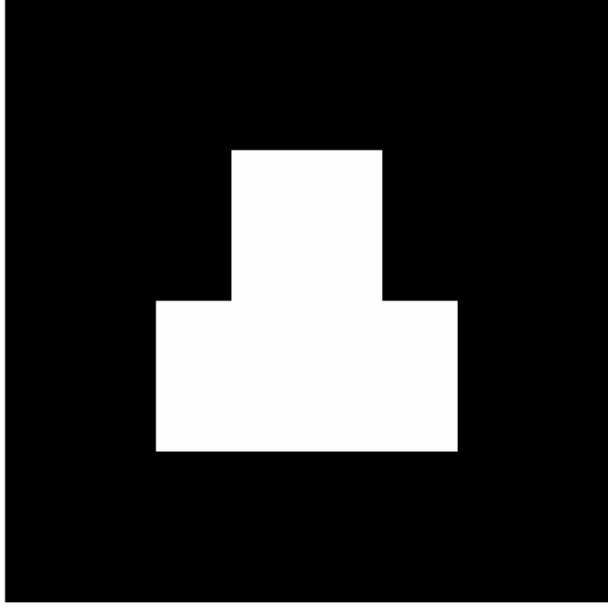


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.

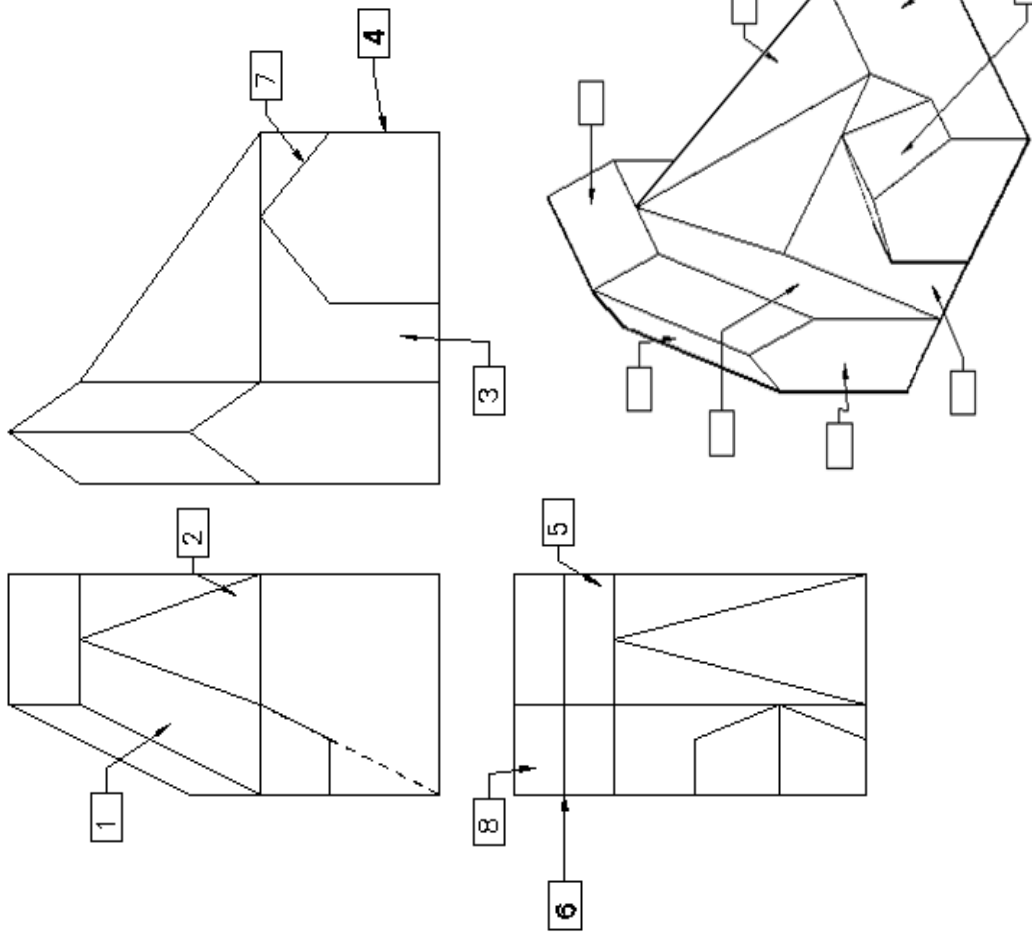


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

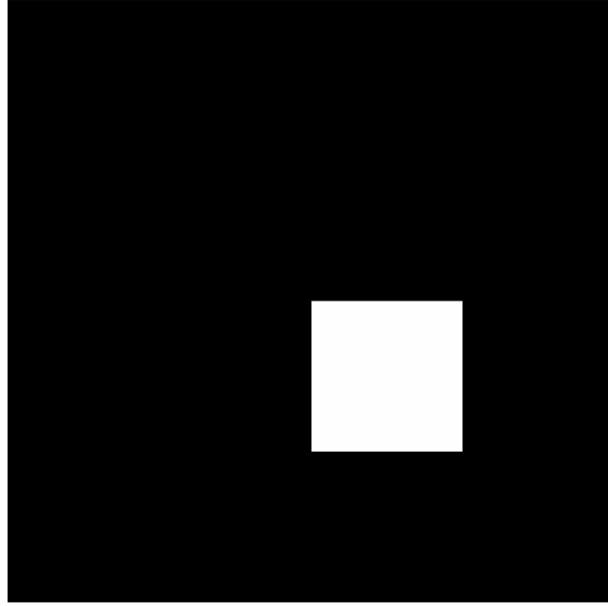
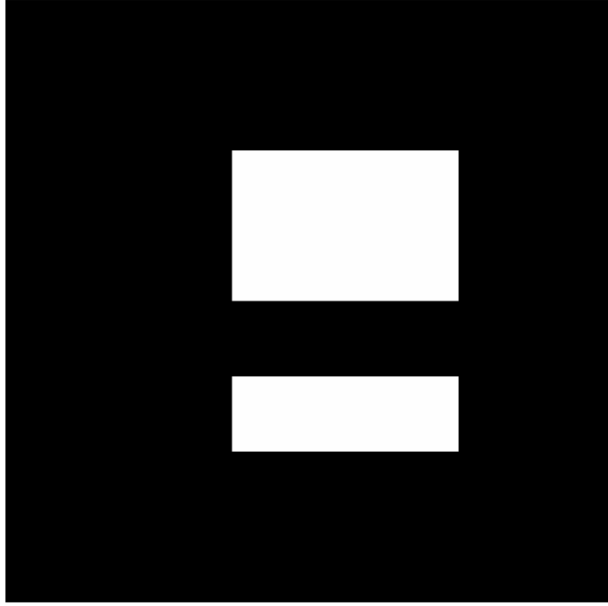
Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.



N-1.2.
Ej- 7/10



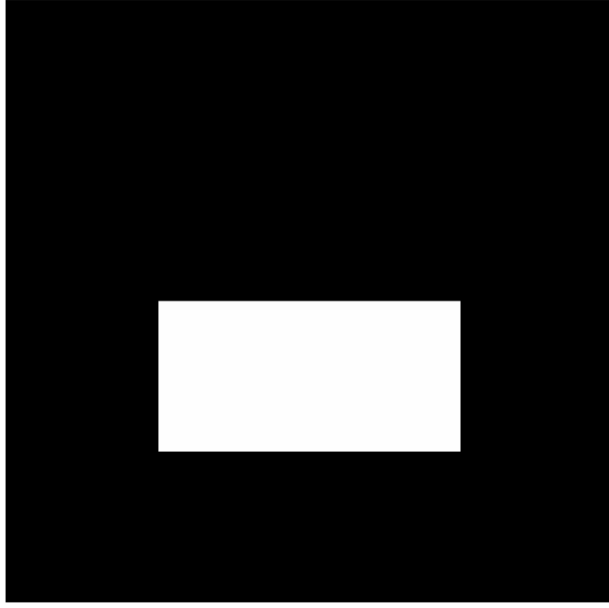
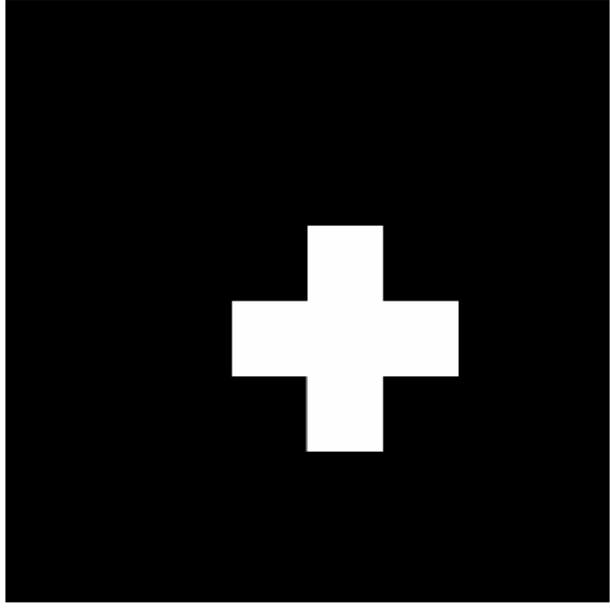
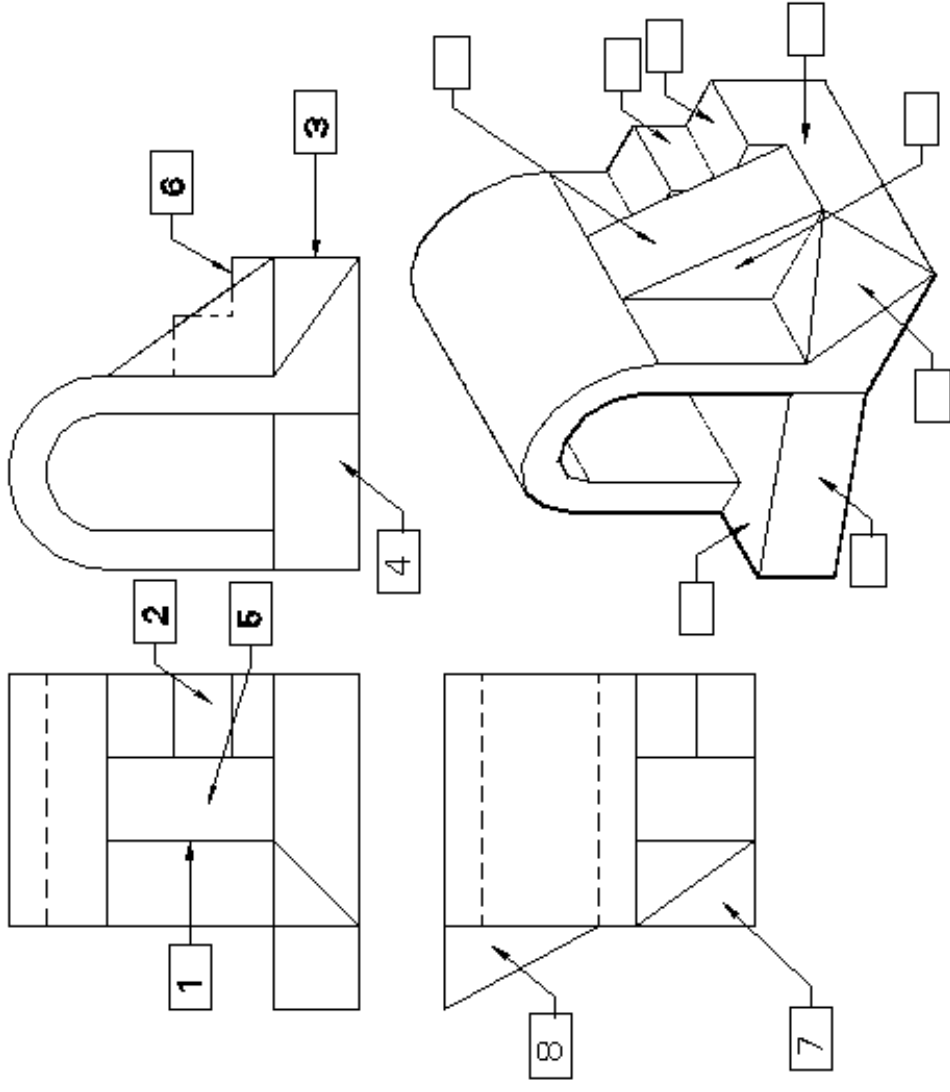
N-1.2.
Ej- 7/10

NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.

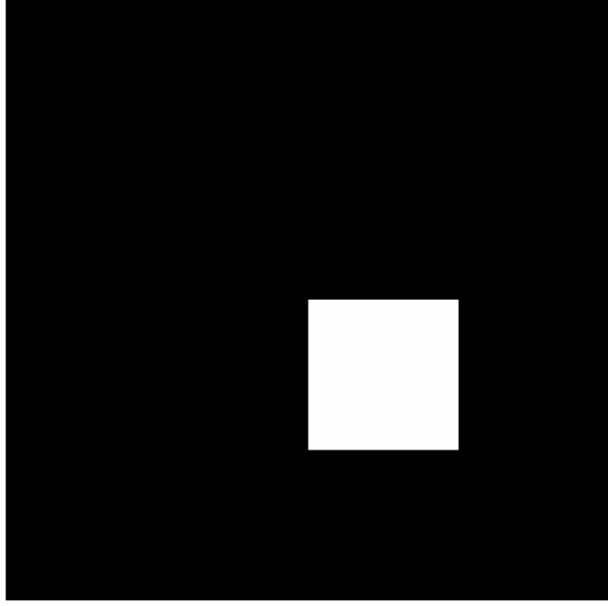
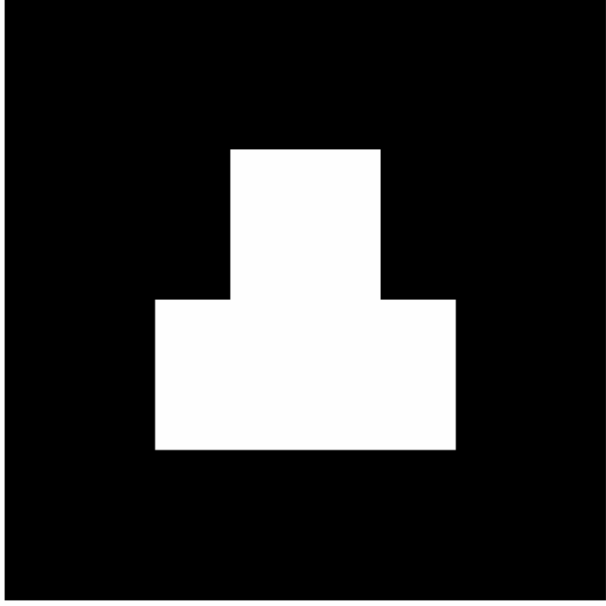
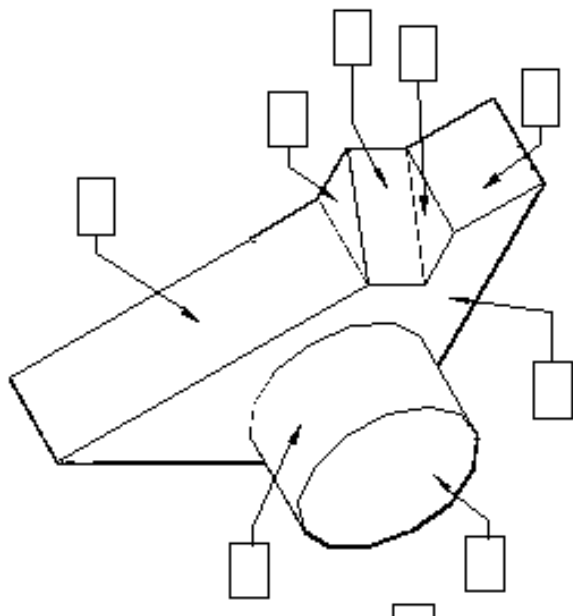
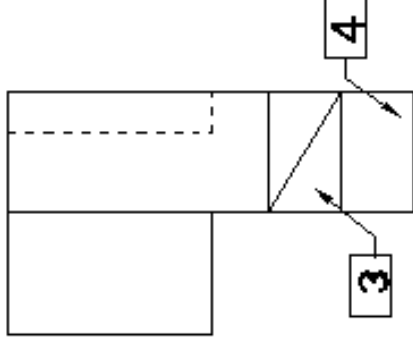
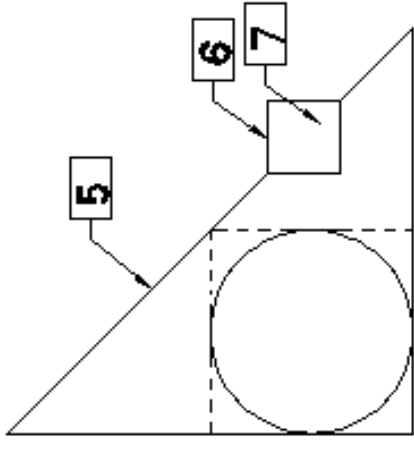
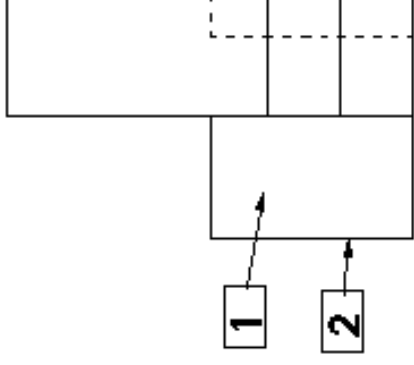


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.

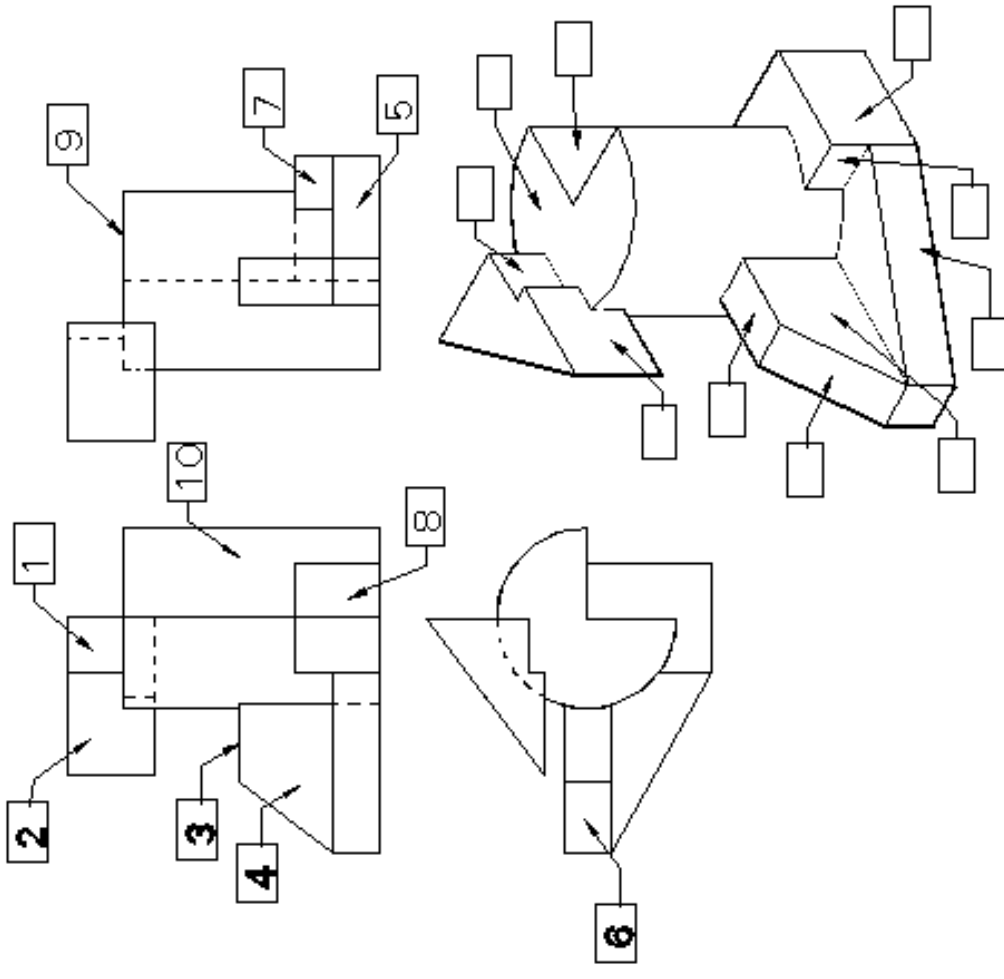
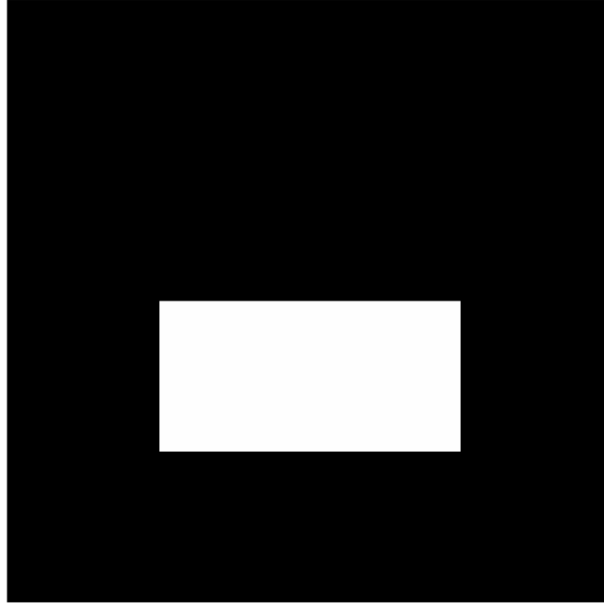
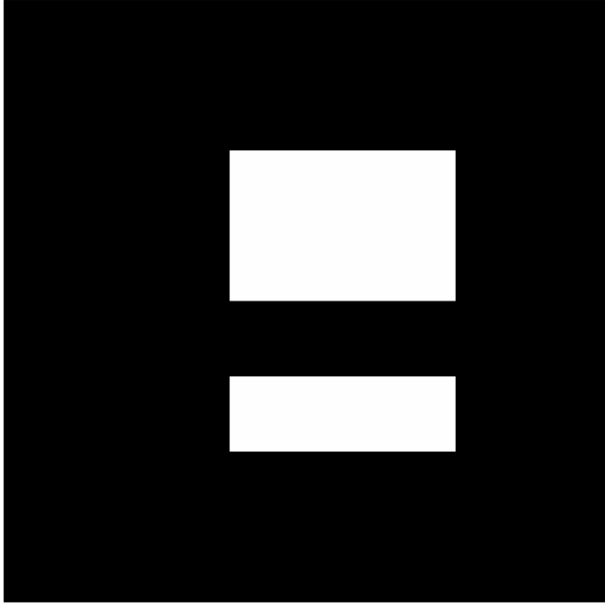


NIVEL 1.2. IDENTIFICACION DE SUPERFICIES

Dato Vista

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre la perspectiva las superficies marcadas con números en las vistas.



NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

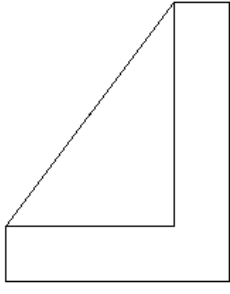
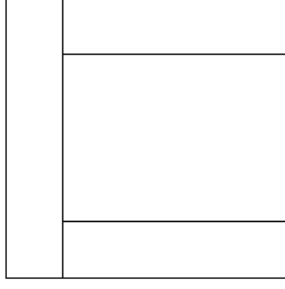
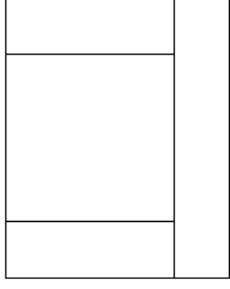
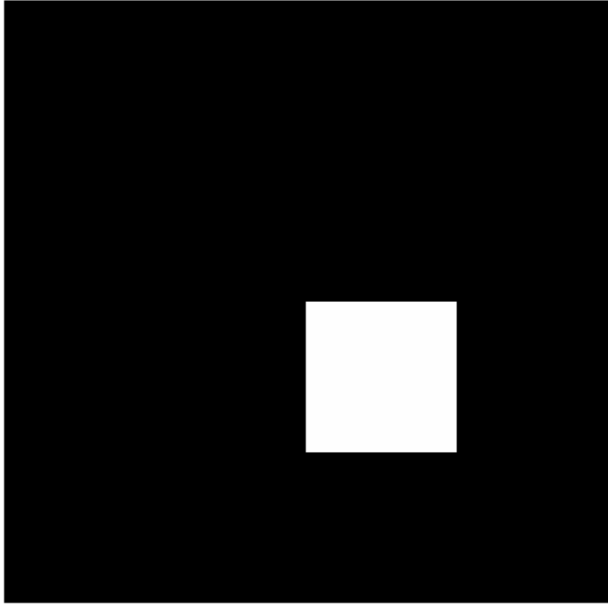
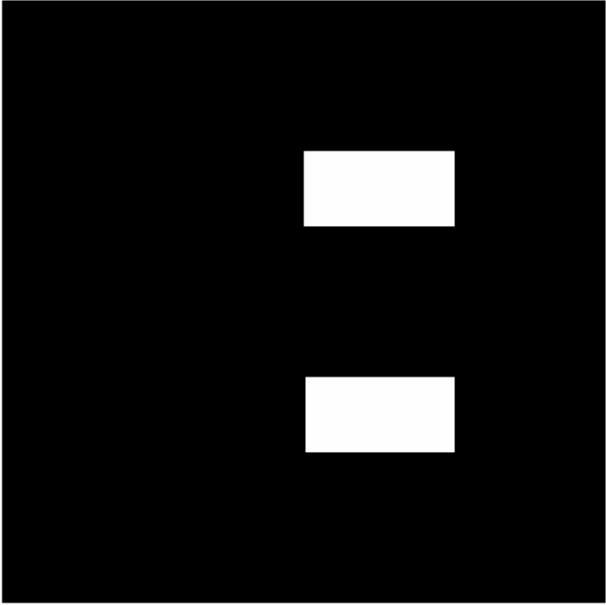
RECONOCIMIENTO

NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre las vistas los vértices marcados con números en el modelo.

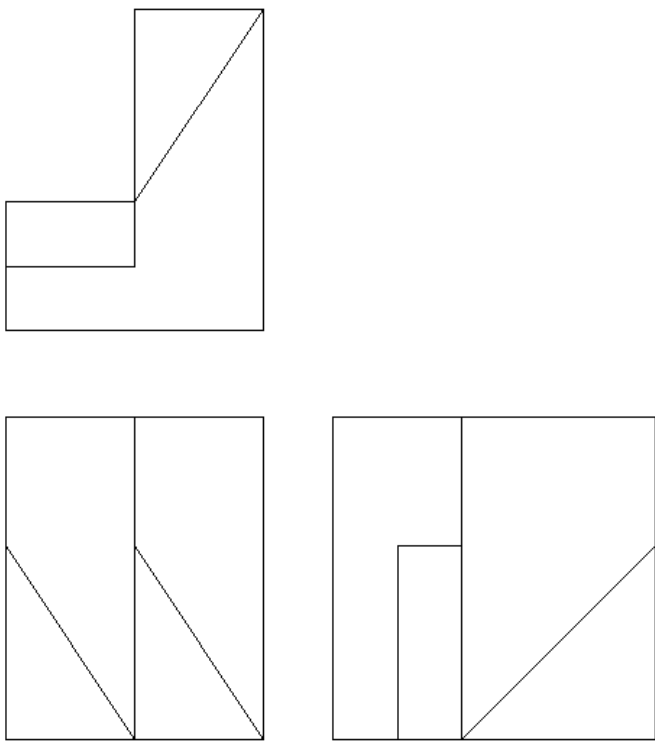
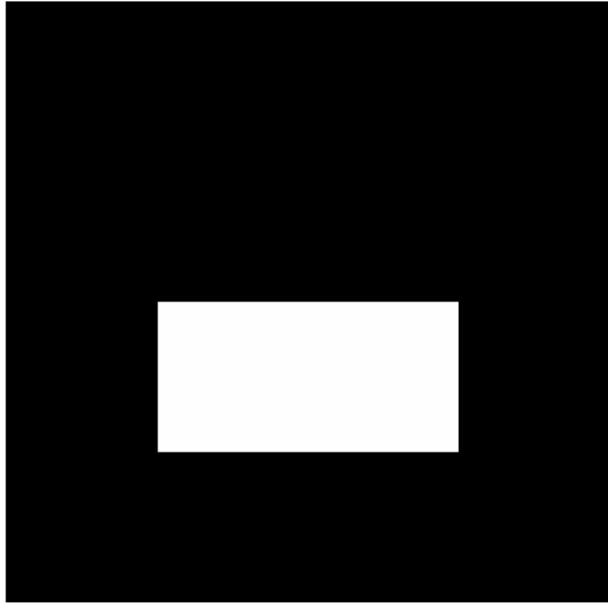
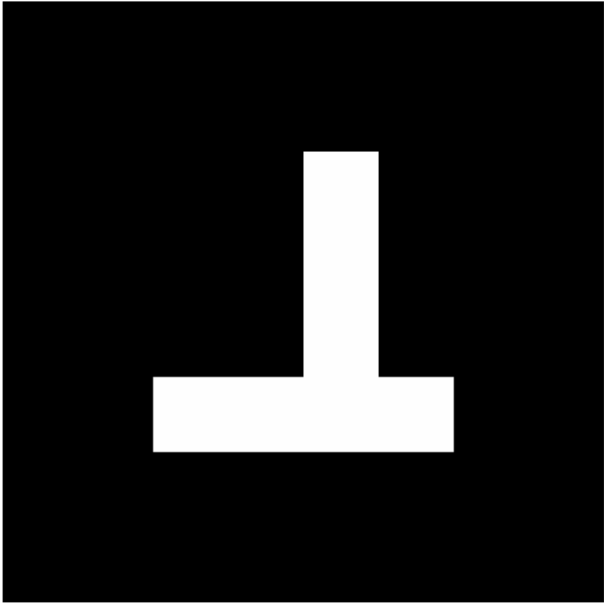


NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre las vistas los vértices marcados con números en el modelo.

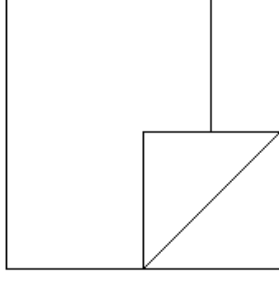
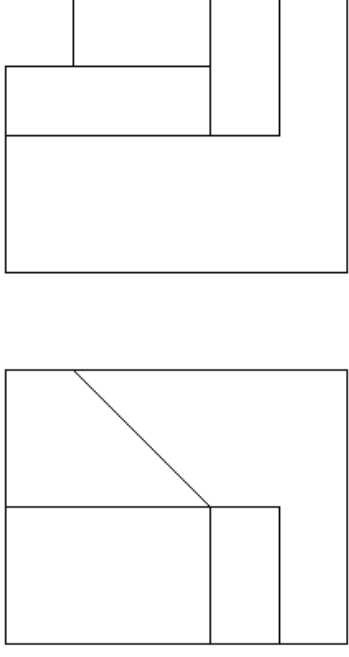
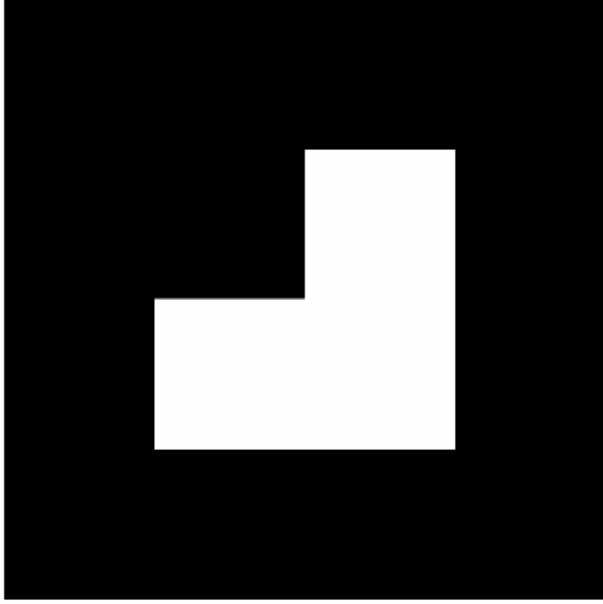
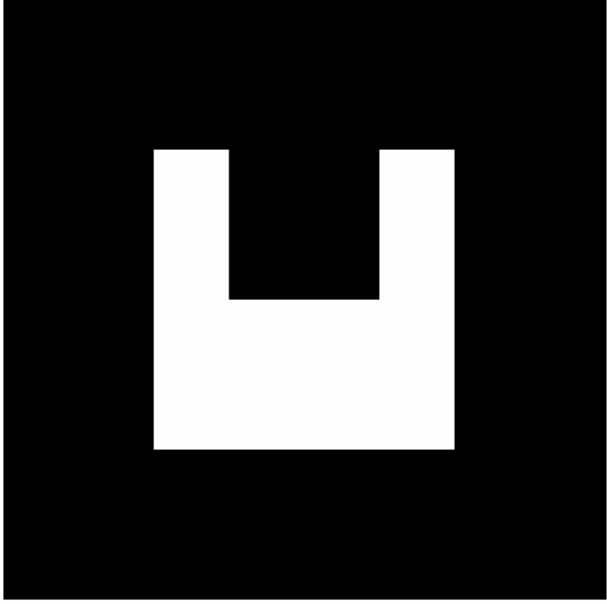


NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre las vistas los vértices marcados con números en el modelo.

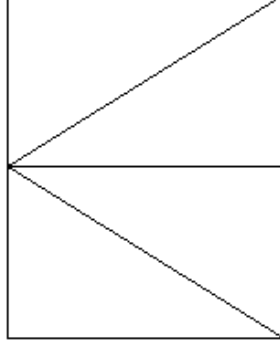
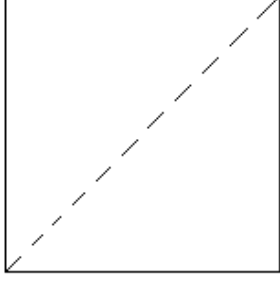
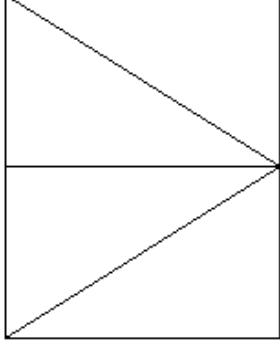
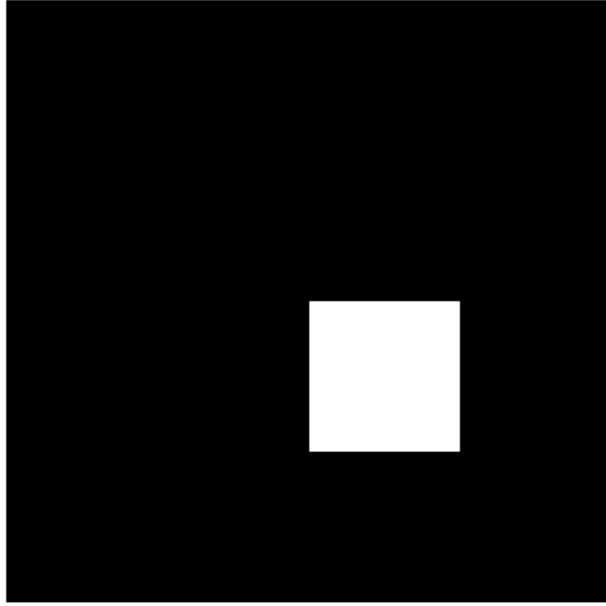
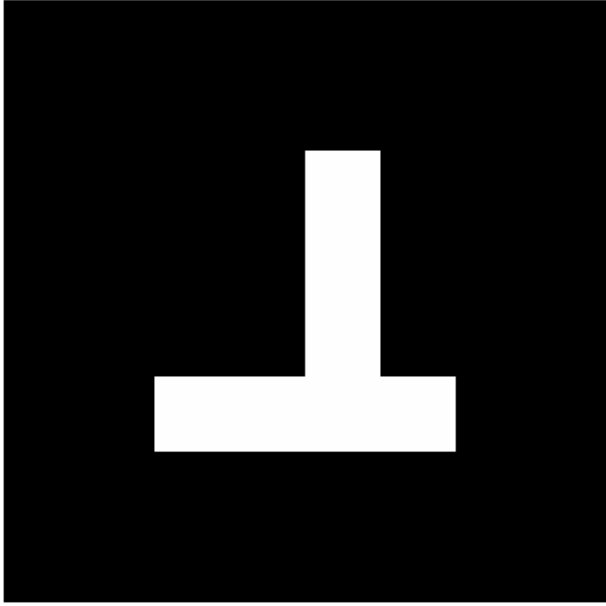


NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre las vistas los vértices marcados con números en el modelo.

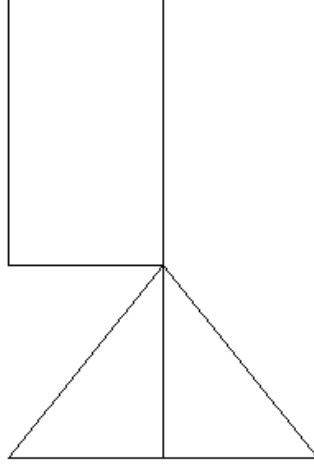
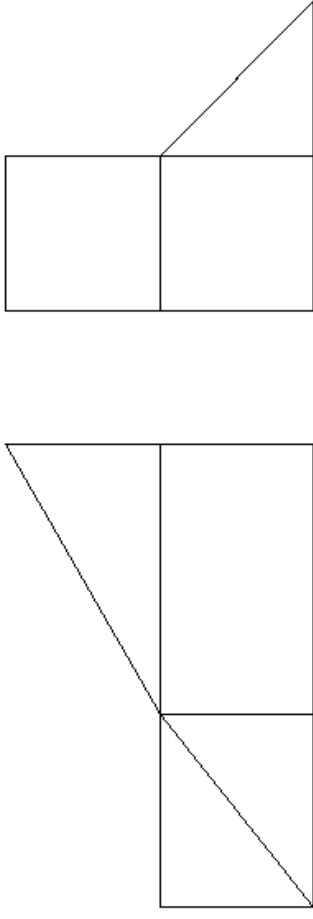
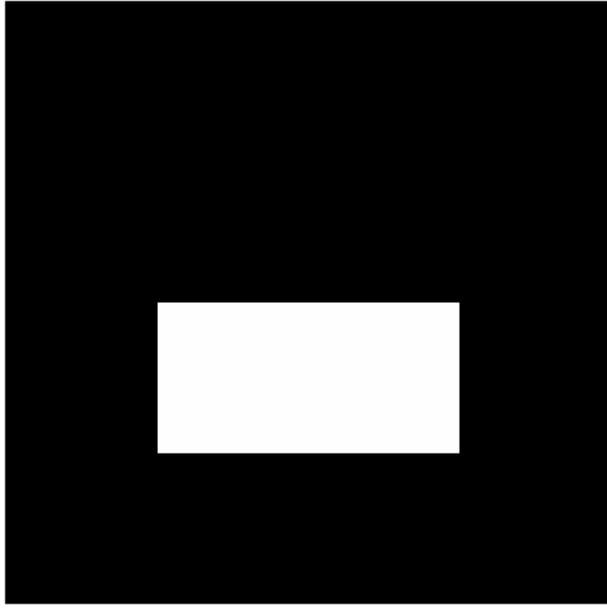
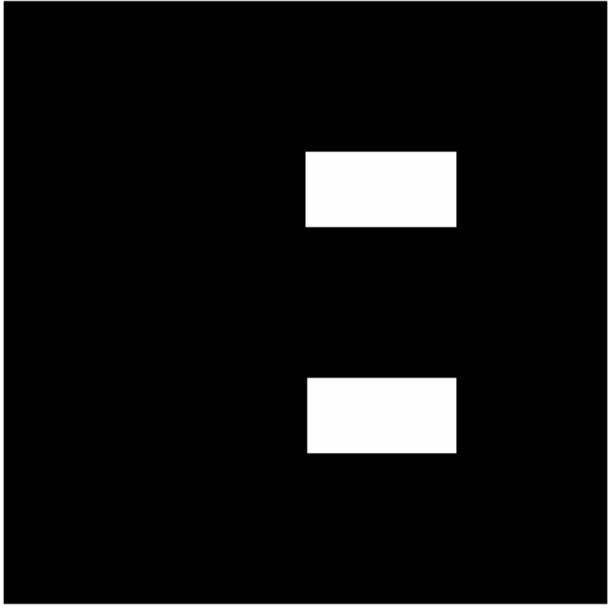


NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre las vistas los vértices marcados con números en el modelo.

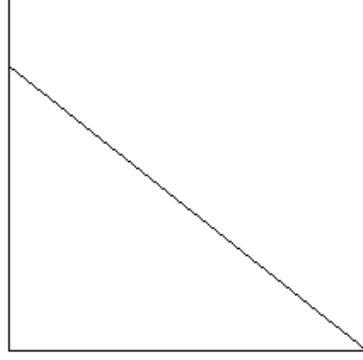
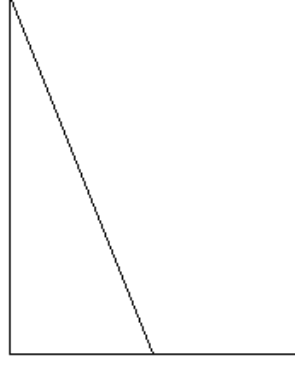
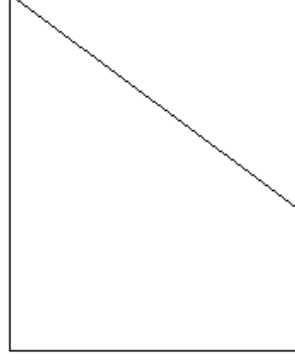
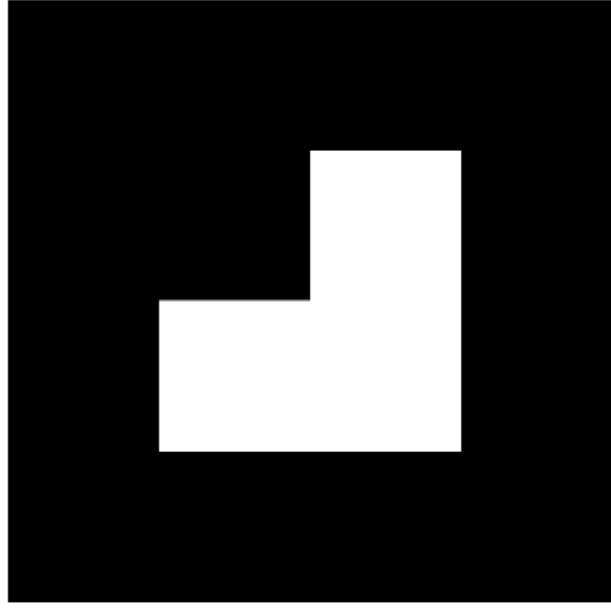
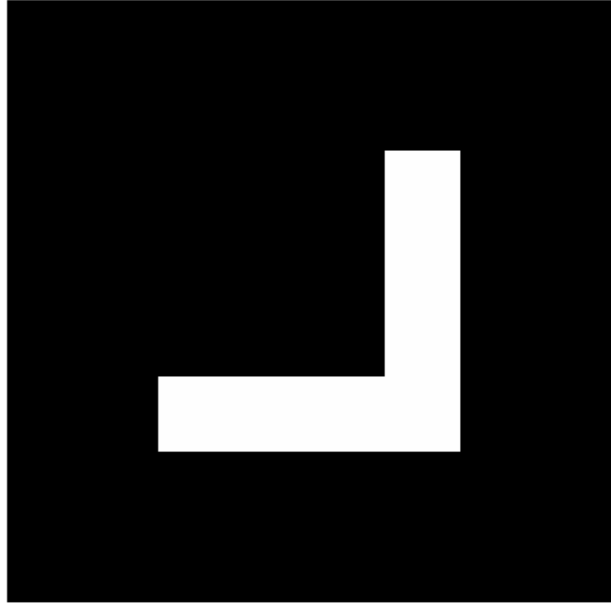


NIVEL 1.3. IDENTIFICACION DE VÉRTICES

Dato Modelo

RECONOCIMIENTO

Identificar sobre las vistas los vértices marcados con números en el modelo.



NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

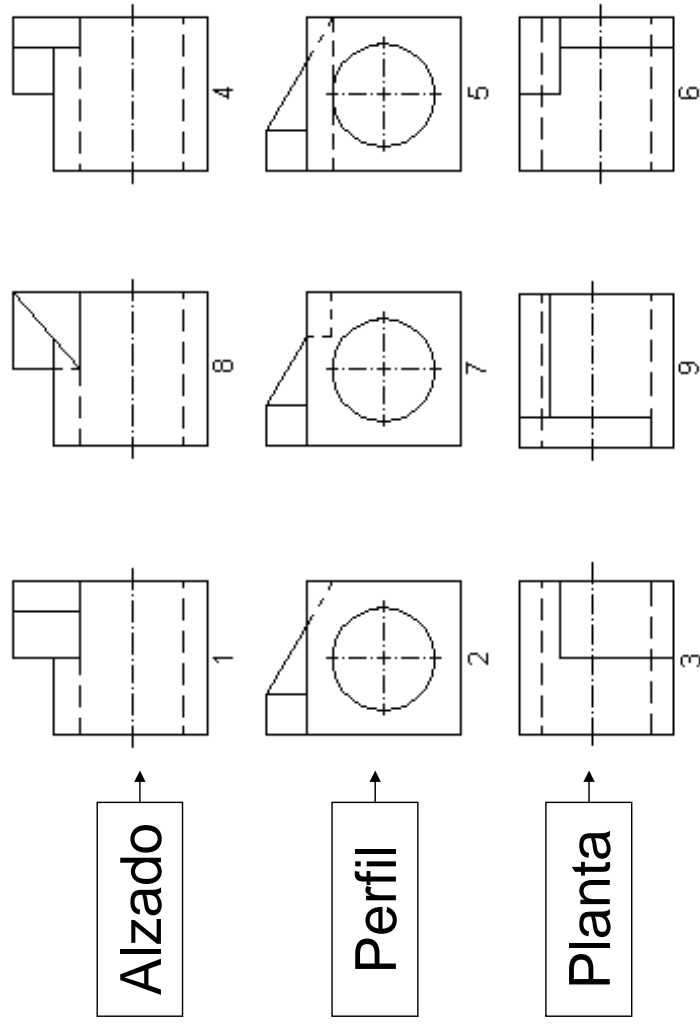
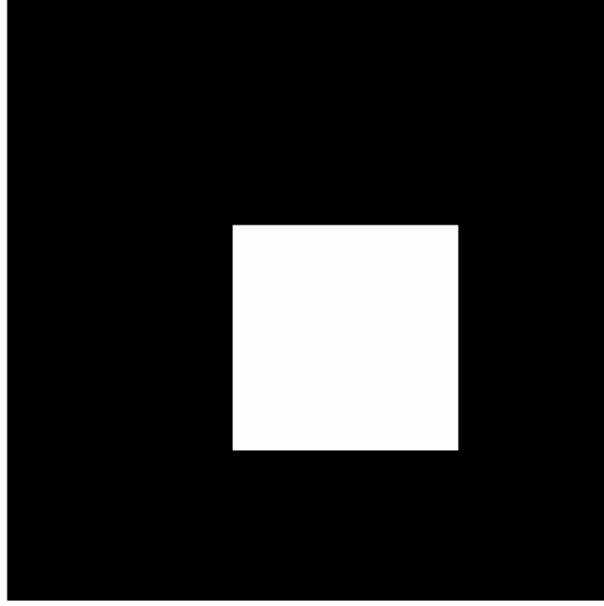
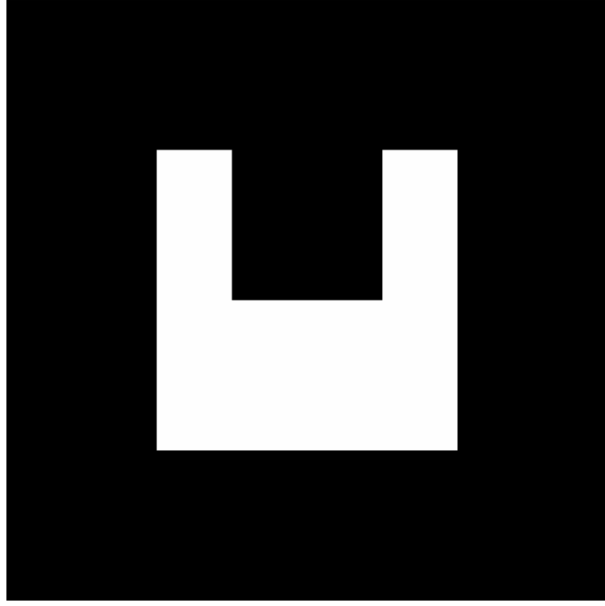
NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.

ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.

(VISTAS)



Alzado	Nº : 4
Planta	Nº : 6
Perfil	Nº : 2

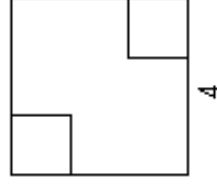
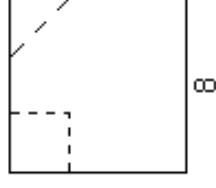
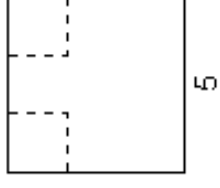
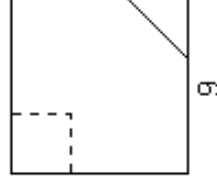
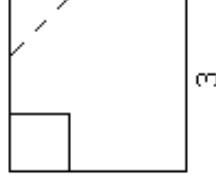
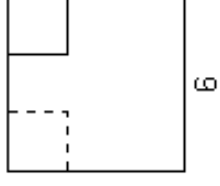
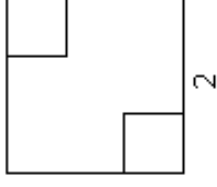
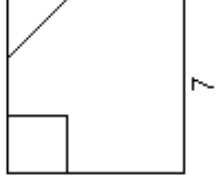
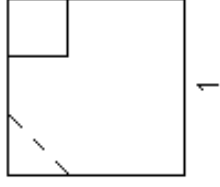
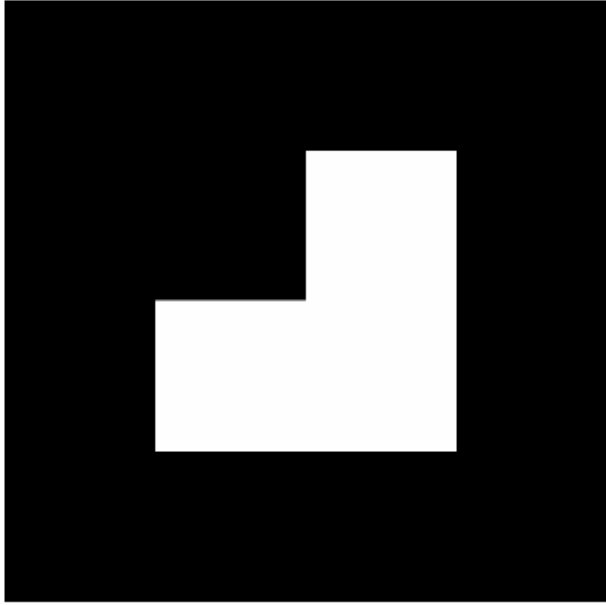
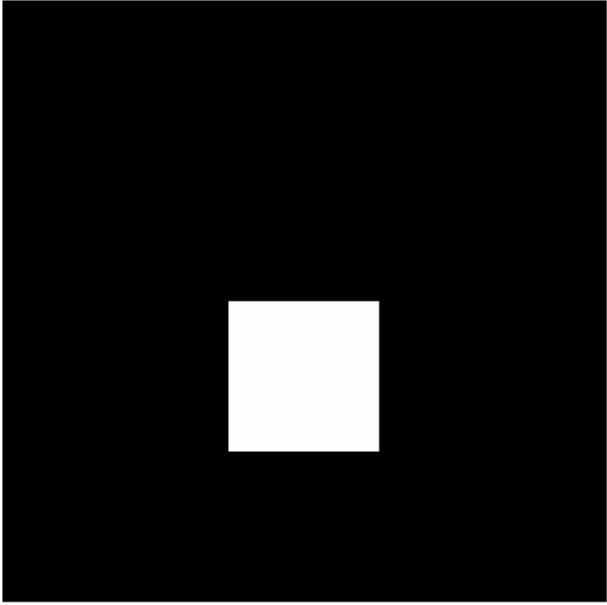
Solución



NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



Alzado

Nº :

Planta

Nº :

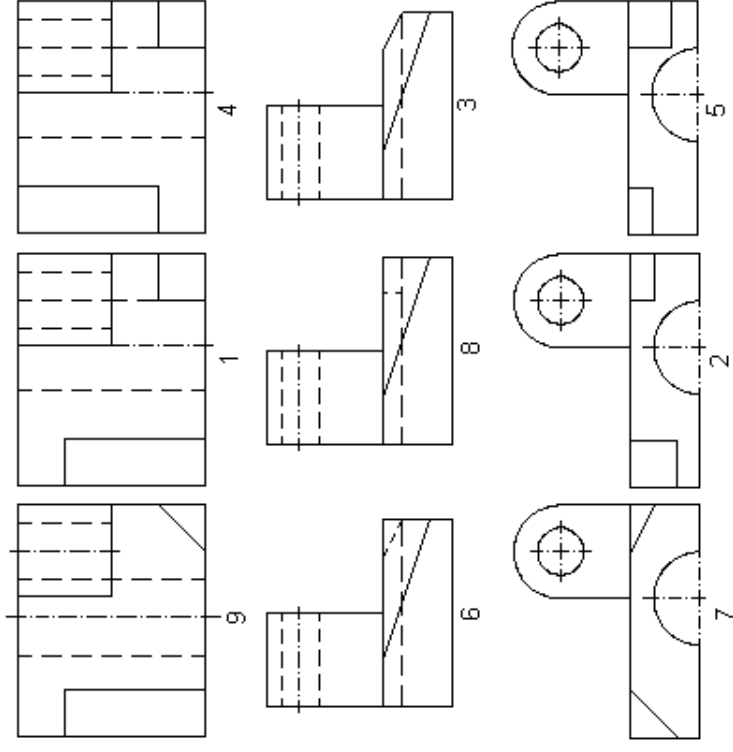
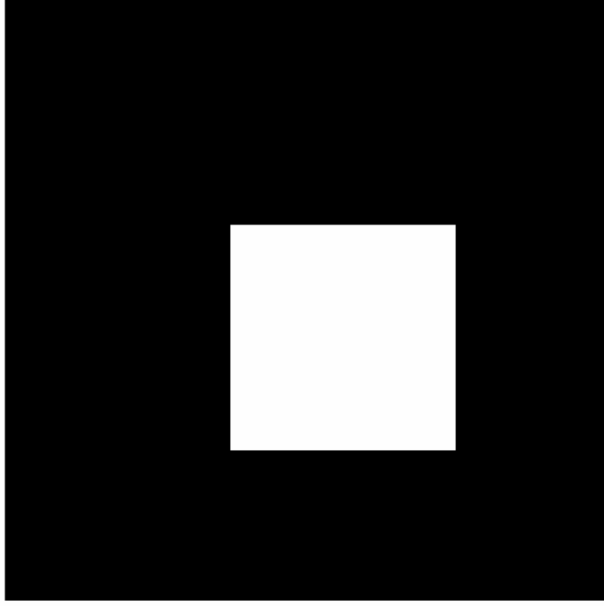
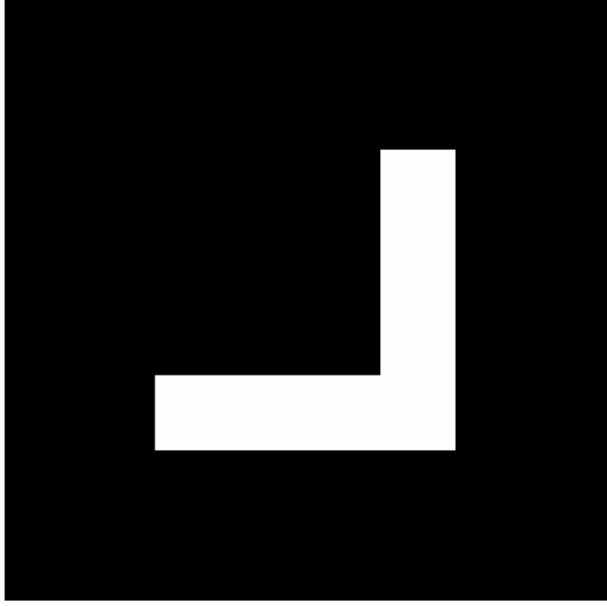
Perfil

Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



Alzado

Nº :

Planta

Nº :

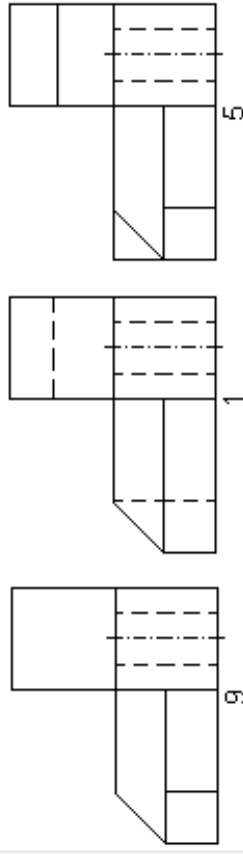
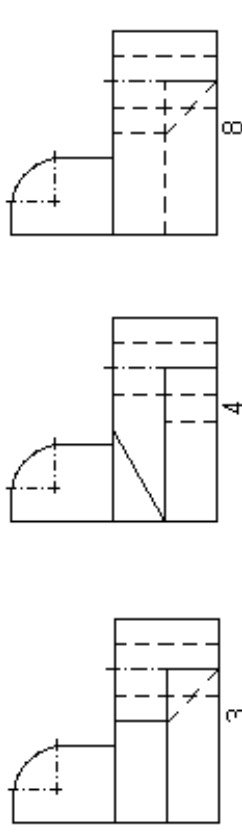
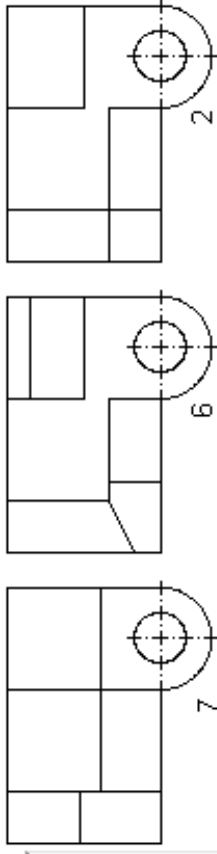
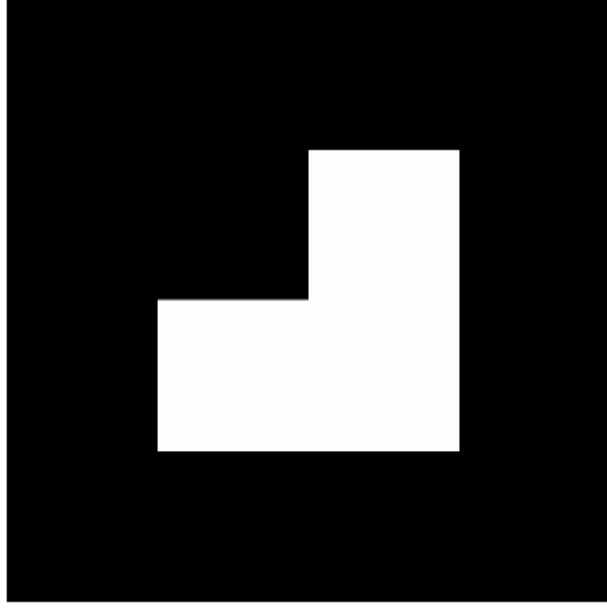
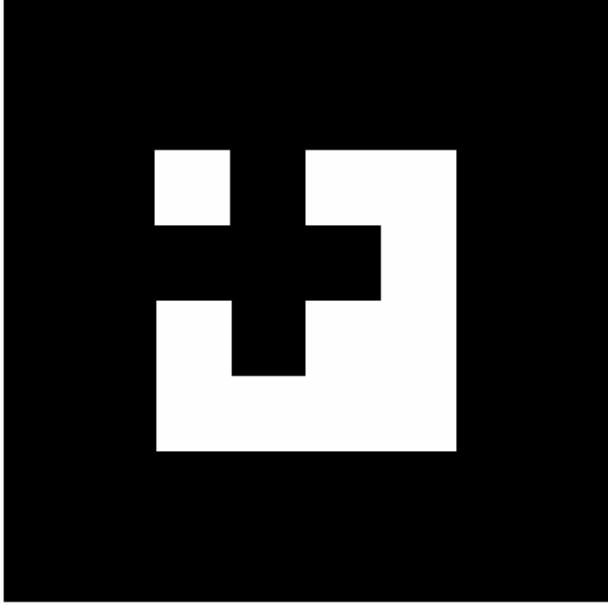
Perfil

Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.

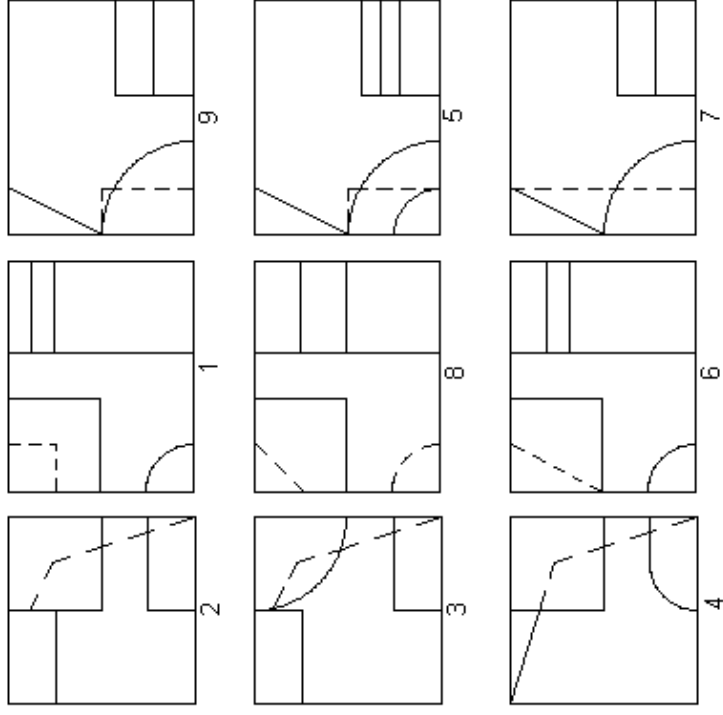
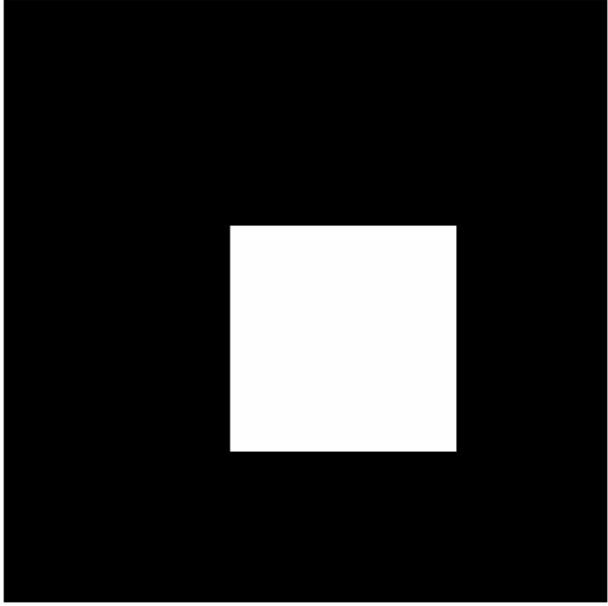
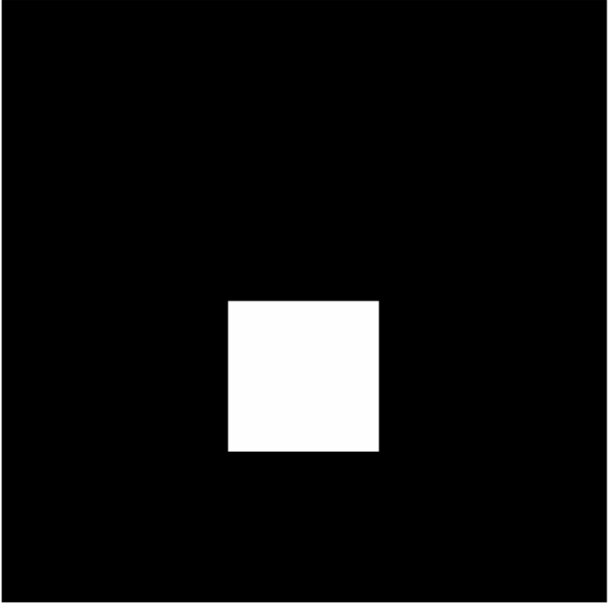


Alzado	Nº :
Planta	Nº :
Perfil	Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.

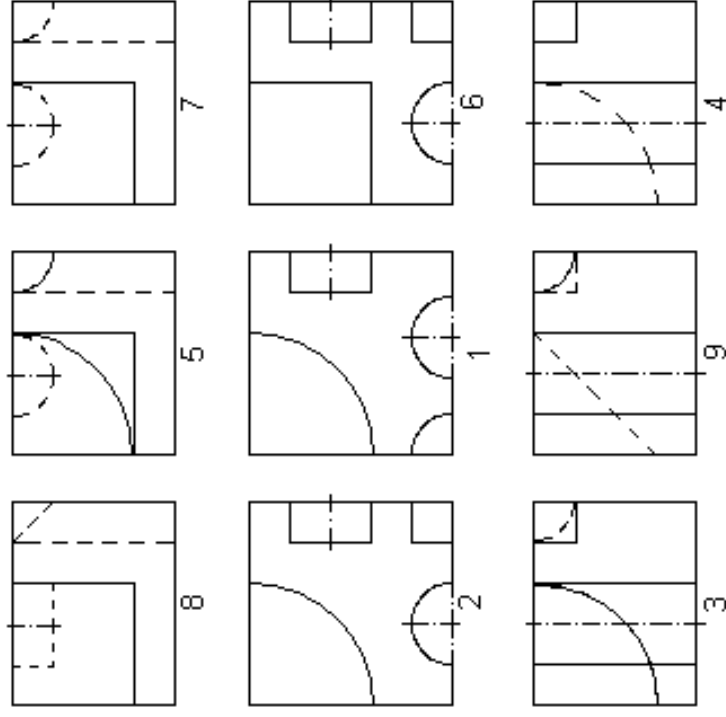
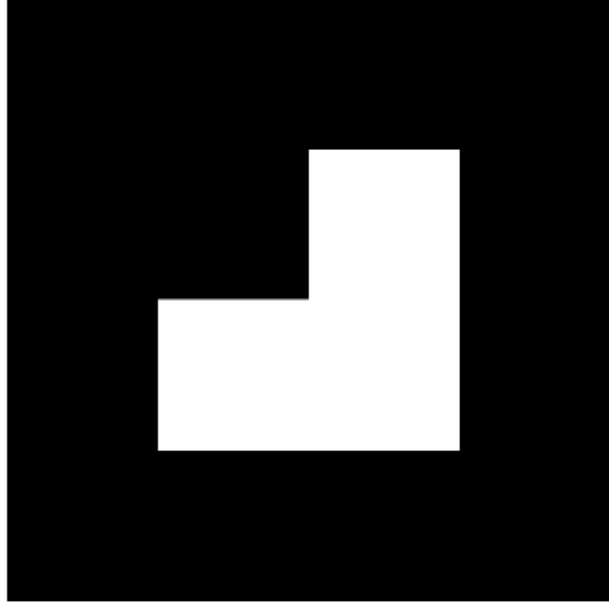
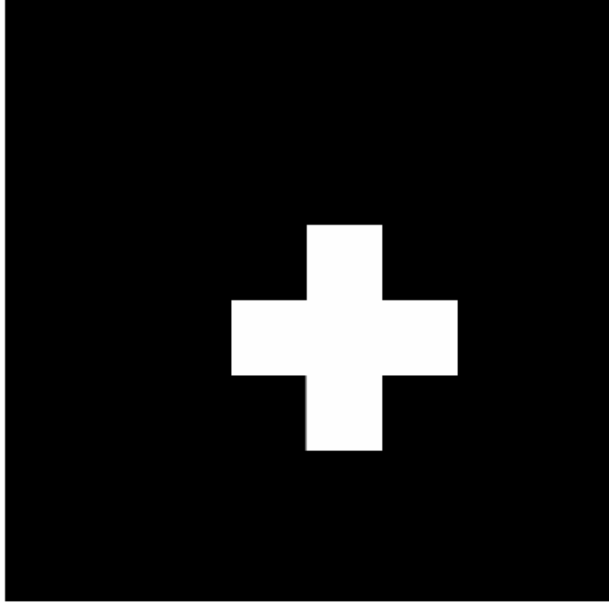


Alzado	Nº :
Planta	Nº :
Perfil	Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



Alzado

Nº :

Planta

Nº :

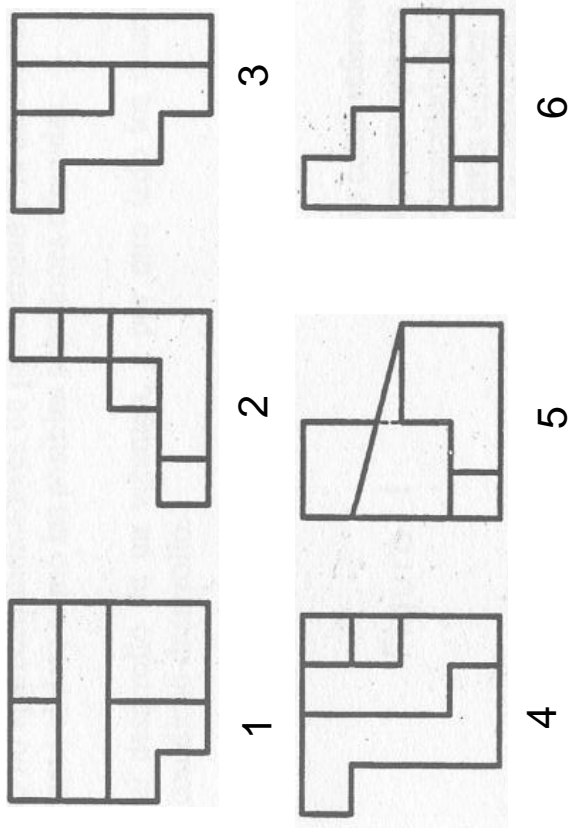
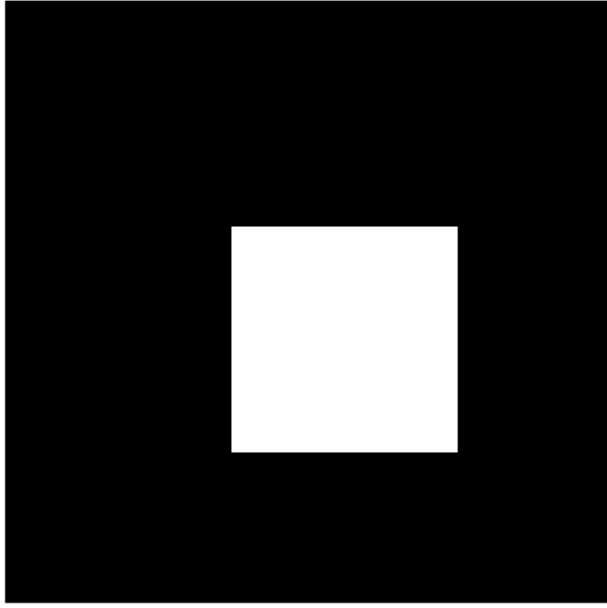
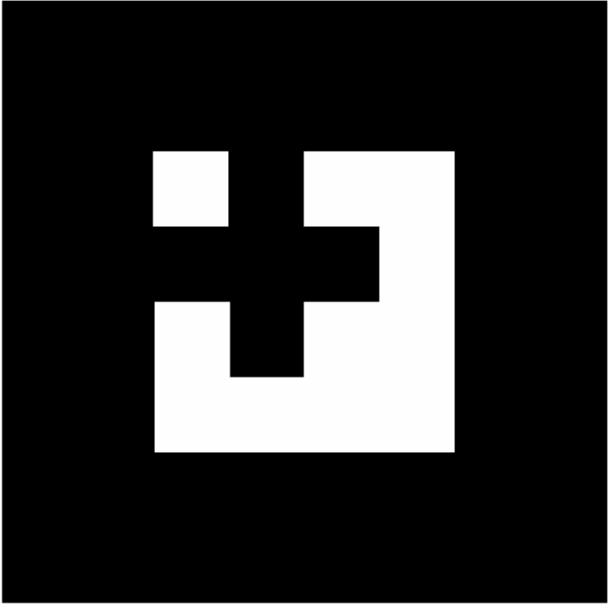
Perfil

Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



Alzado

Nº :

Planta

Nº :

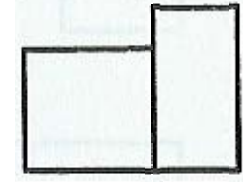
Perfil

Nº :

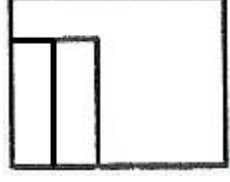
NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

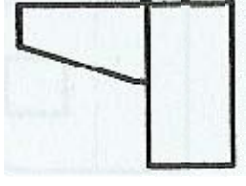
Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



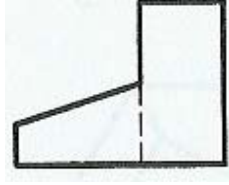
1



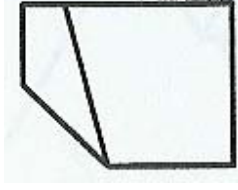
2



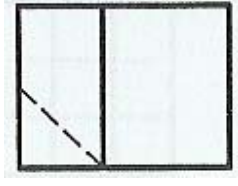
3



4



5



6

Alzado

Nº :

Planta

Nº :

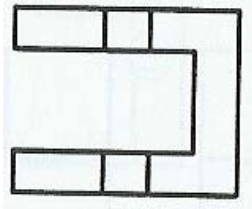
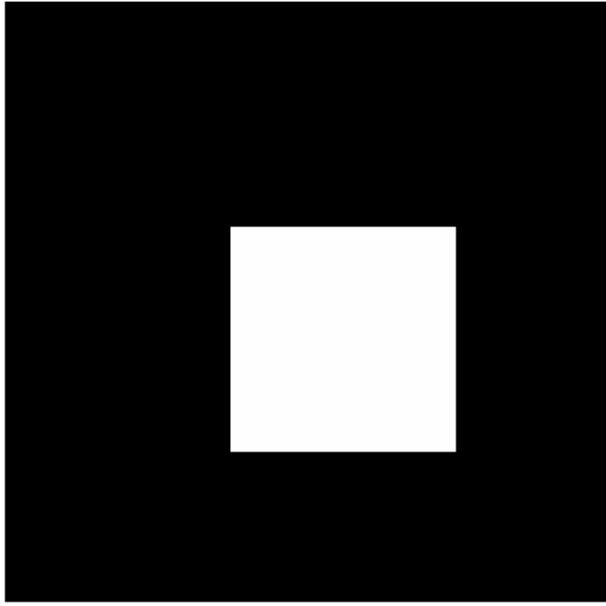
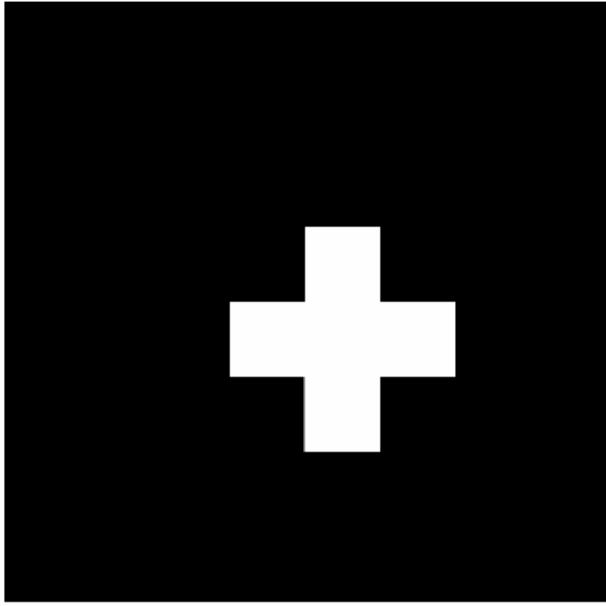
Perfil

Nº :

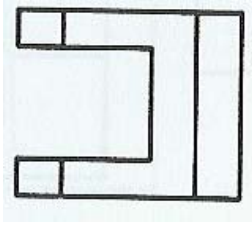
NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

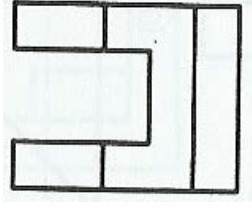
Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



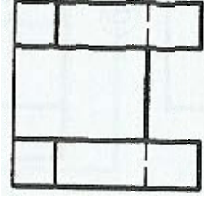
1



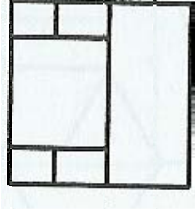
2



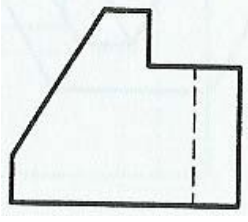
3



4



5



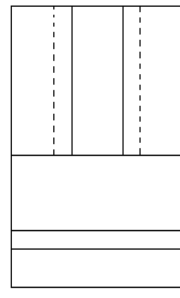
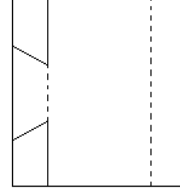
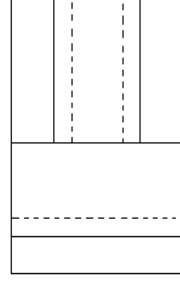
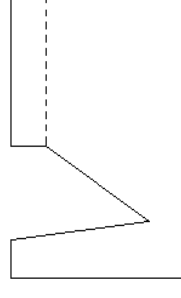
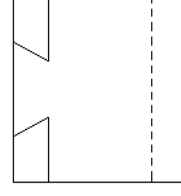
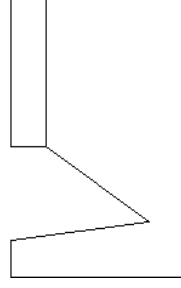
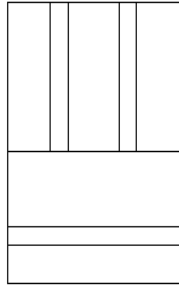
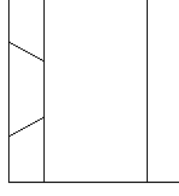
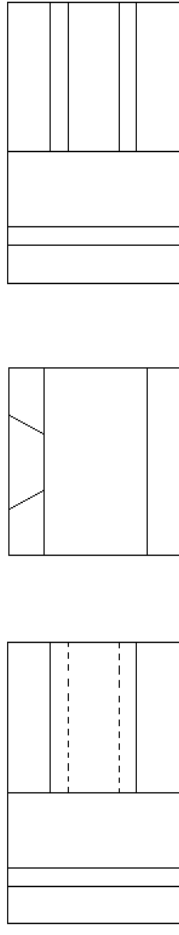
6

Alzado	Nº :
Planta	Nº :
Perfil	Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



Alzado

Nº :

Planta

Nº :

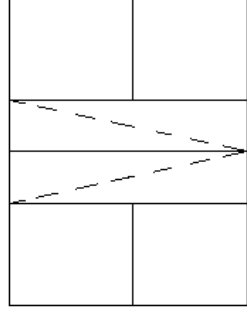
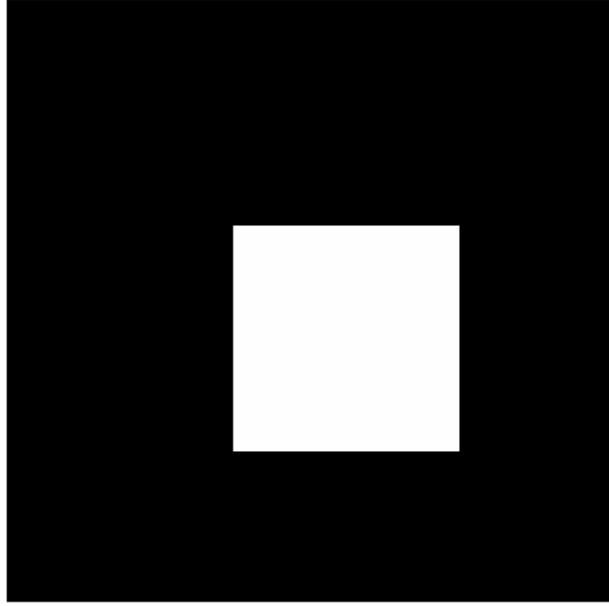
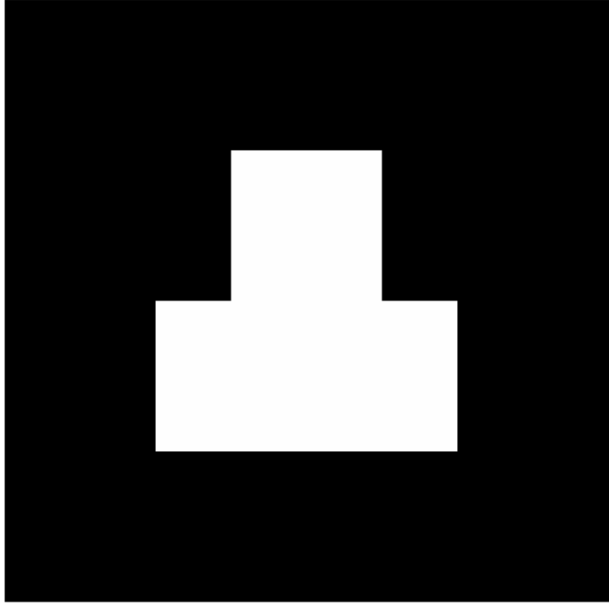
Perfil

Nº :

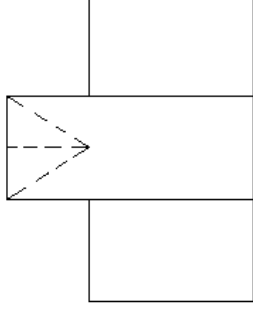
NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

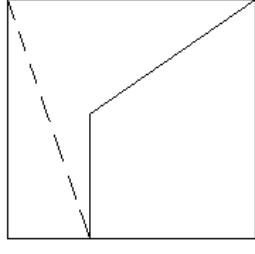
Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



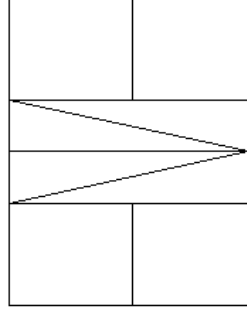
1



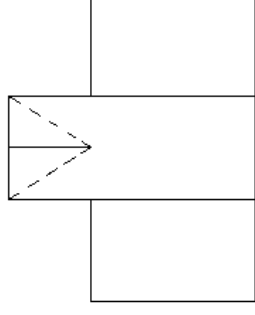
2



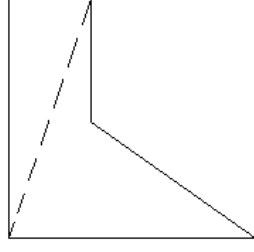
3



4



5



6

Alzado

Nº :

Planta

Nº :

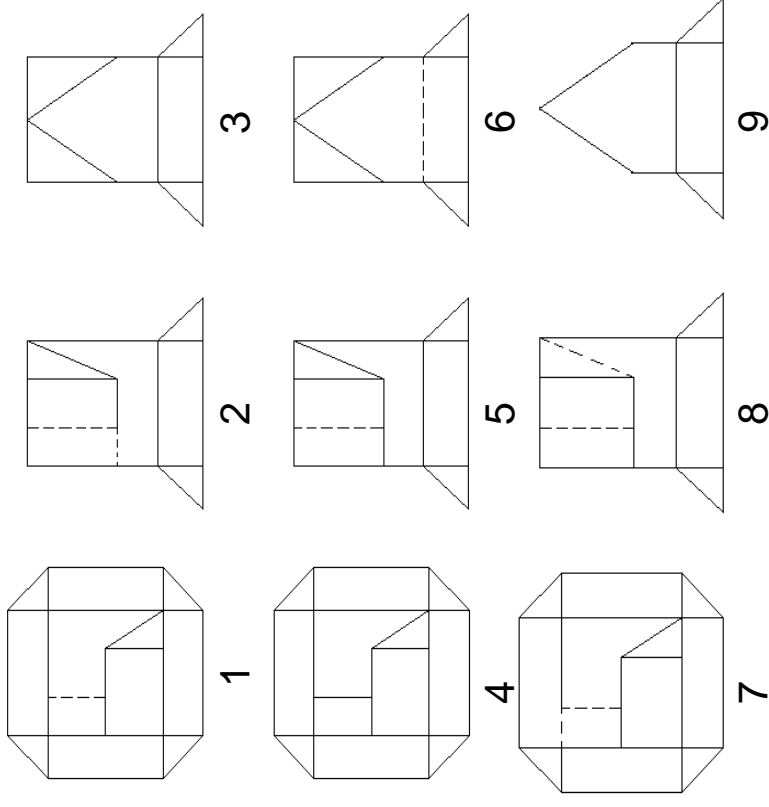
Perfil

Nº :

NIVEL 2.1. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Identificar las vistas que corresponden a la pieza que puedes ver Realidad Aumentada.



Alzado

Nº :

Planta

Nº :

Perfil

Nº :

NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

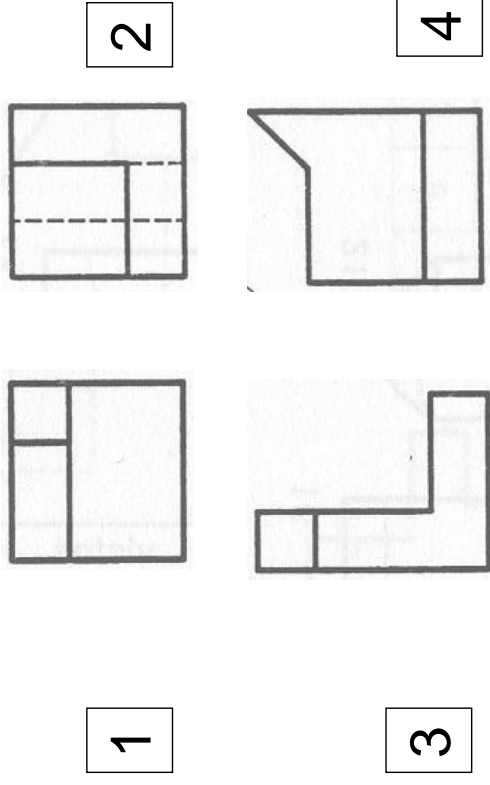
COMPRESIÓN

NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.



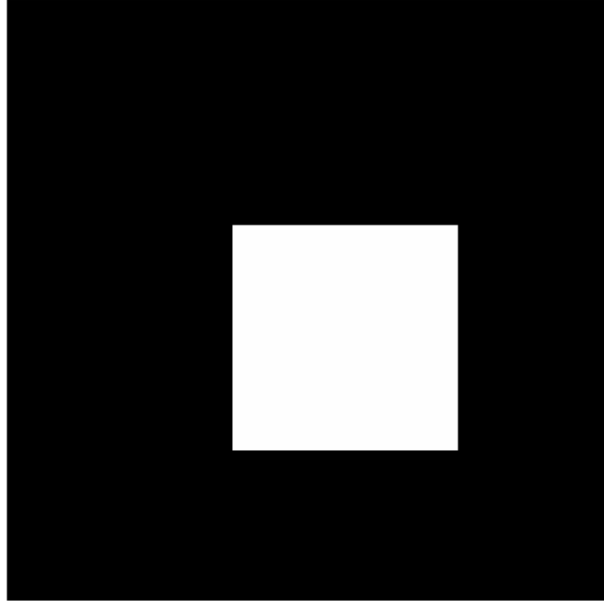
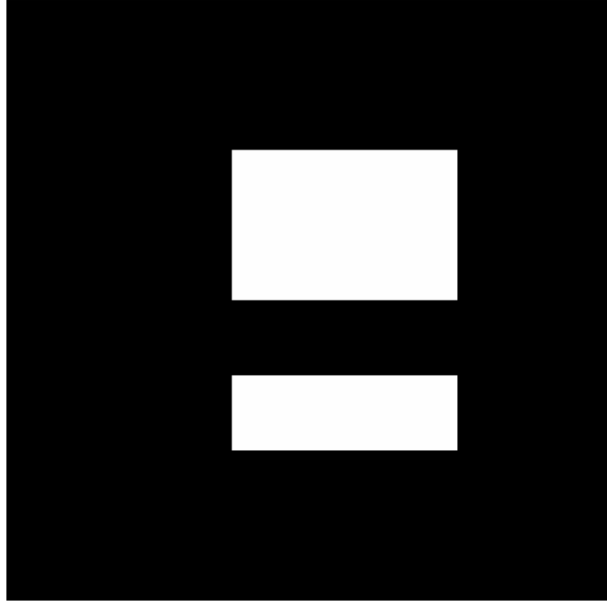
Solución



Vista incorrecta

Nº : 2

ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.



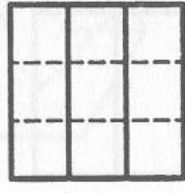
NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

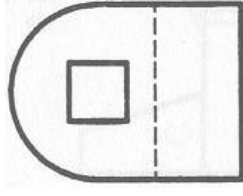
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.

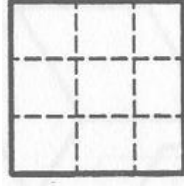
1



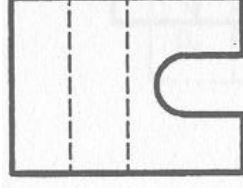
2



3

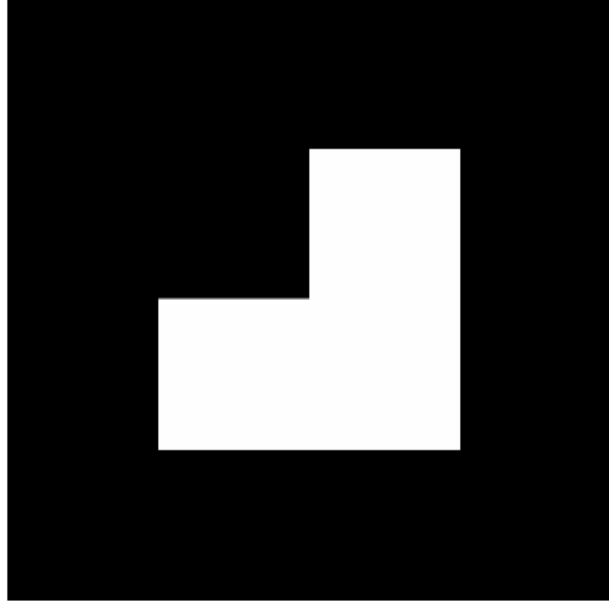
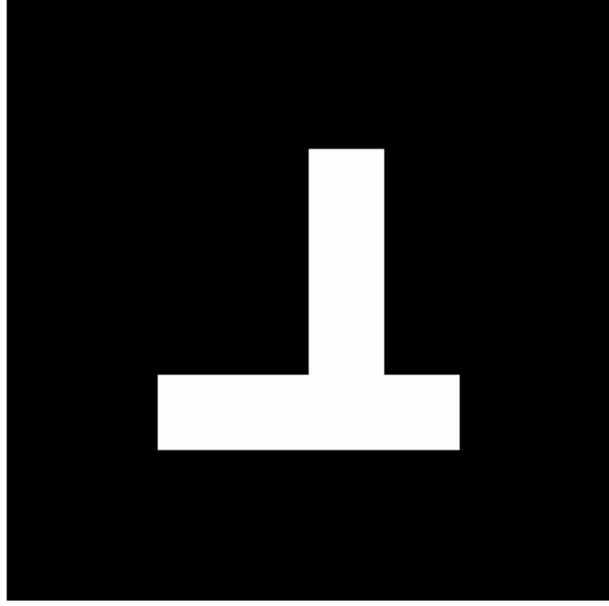


4



Vista incorrecta

Nº :

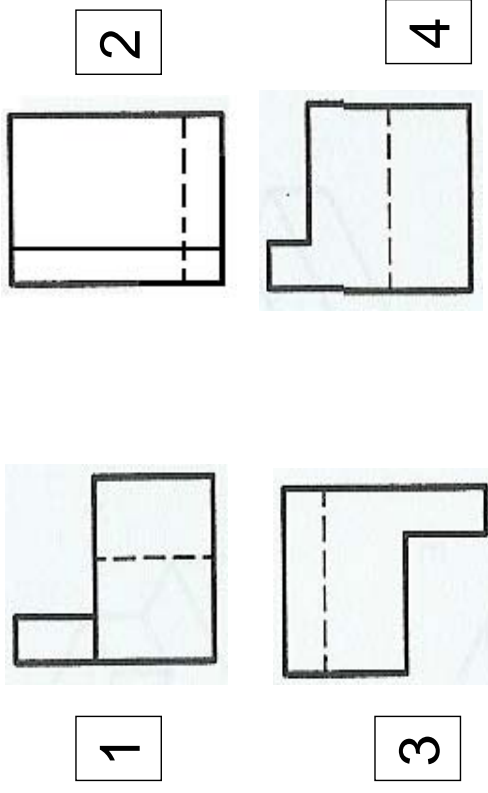


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

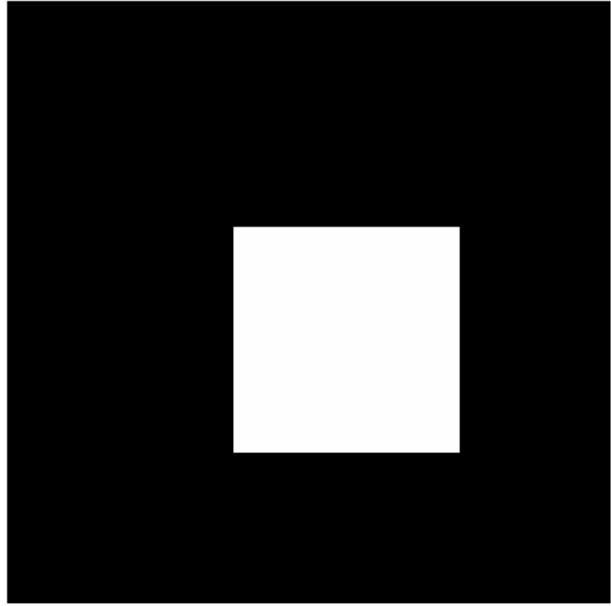
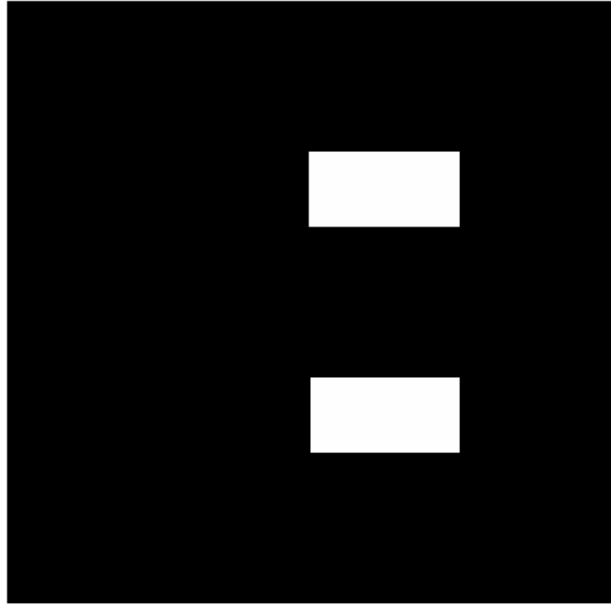
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.



Vista incorrecta N° :



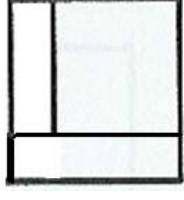
NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

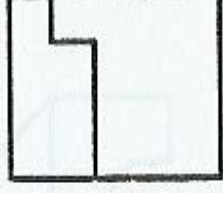
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.

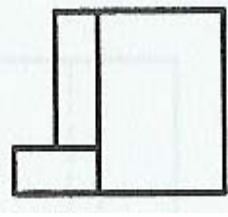
1



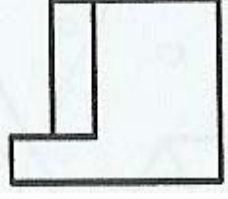
2



3

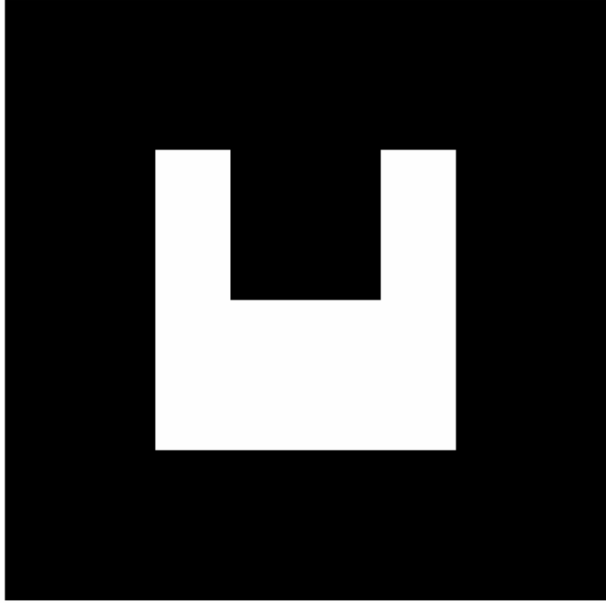
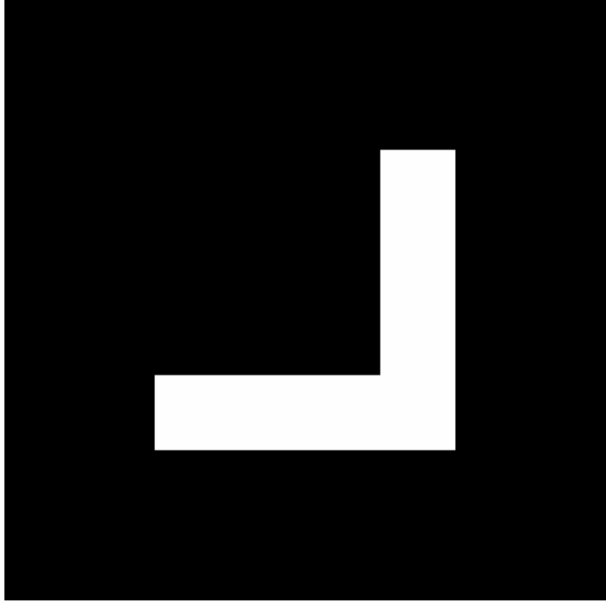


4



Vista incorrecta

Nº :

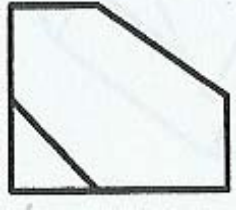


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

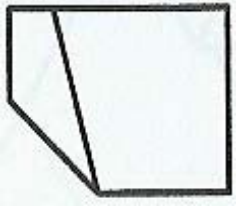
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

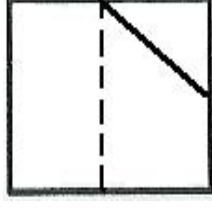
Indicar cual es incorrecta.



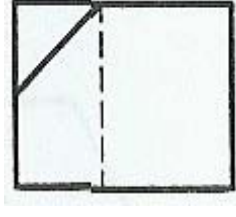
1



2



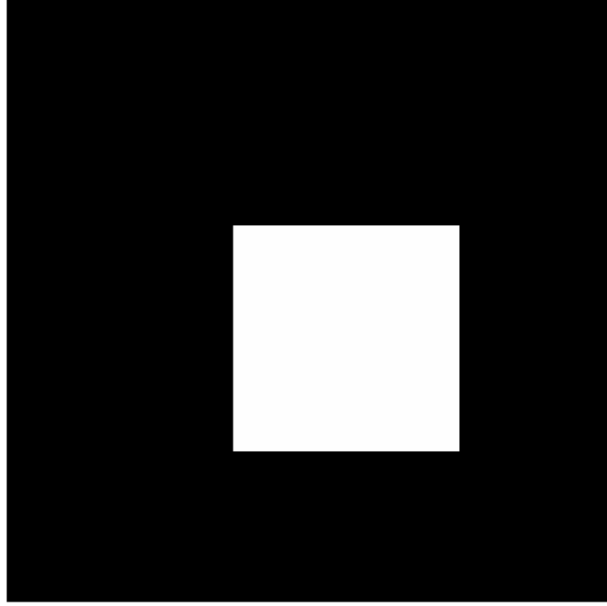
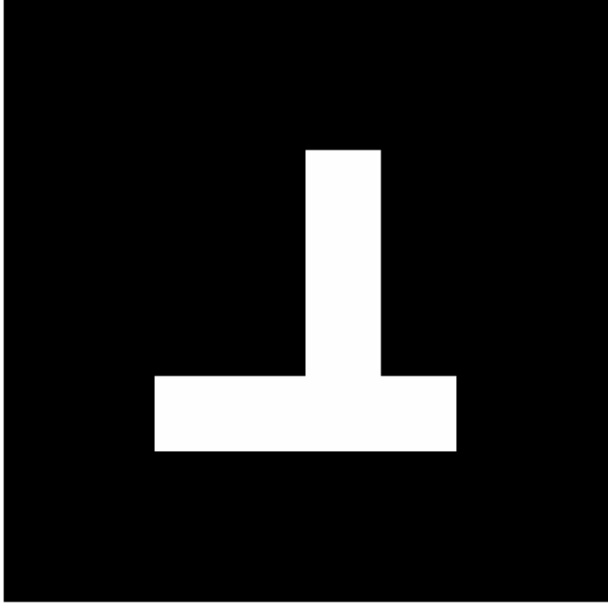
3



4

Vista incorrecta

Nº :

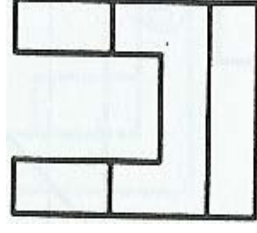


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

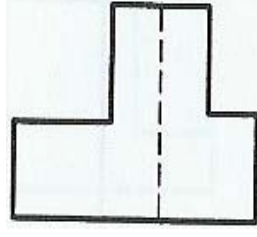
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

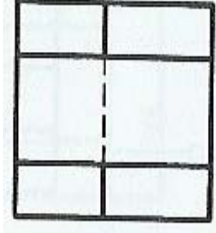
Indicar cual es incorrecta.



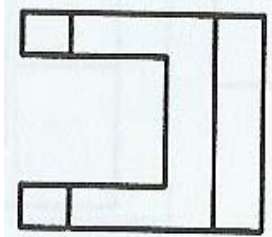
1



2



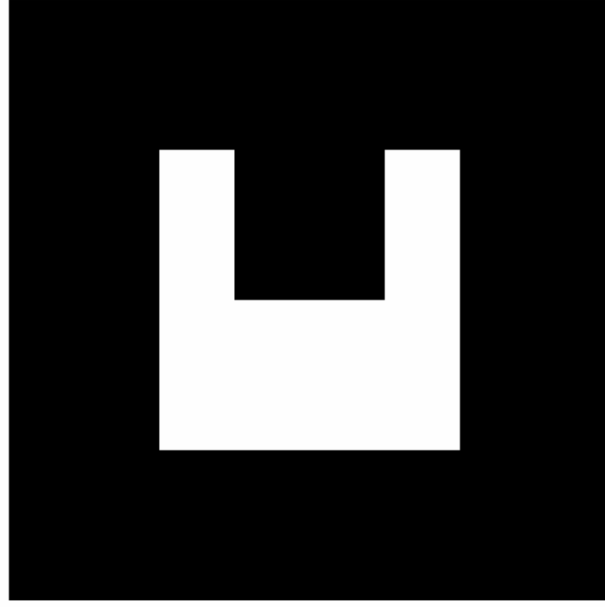
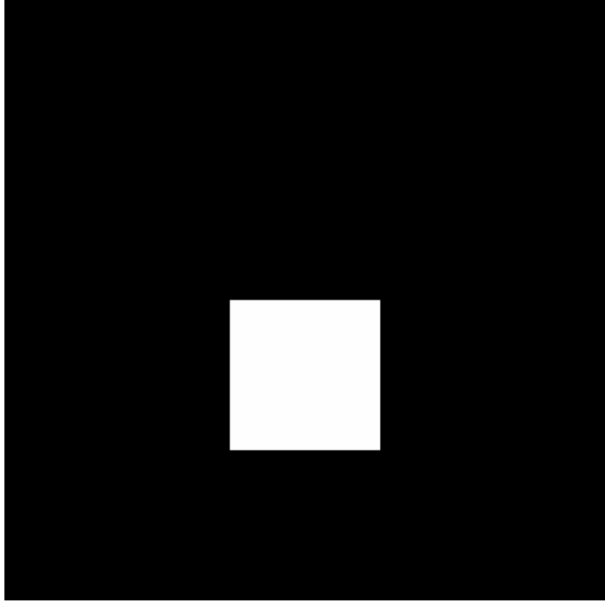
3



4

Vista incorrecta

Nº :

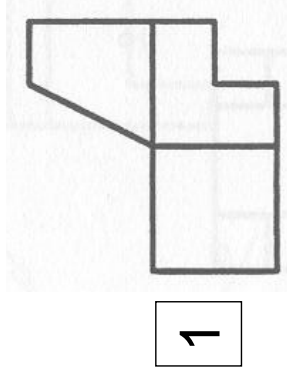


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

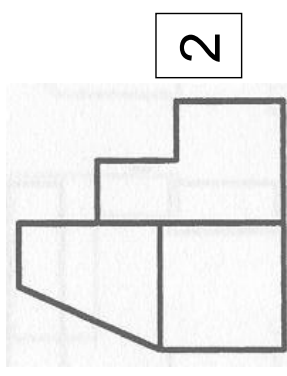
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

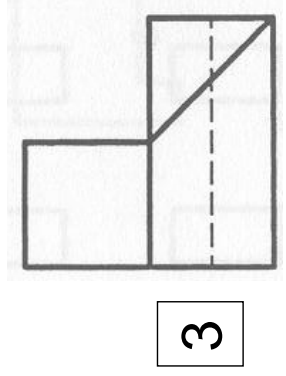
Indicar cual es incorrecta.



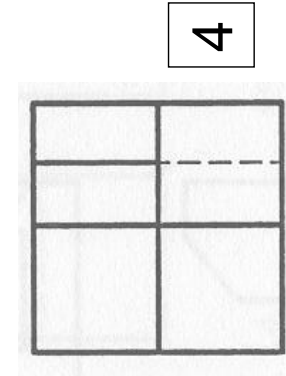
1



2



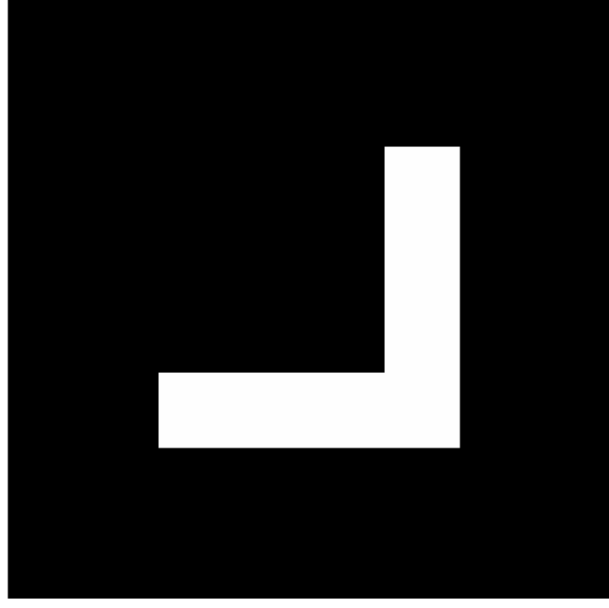
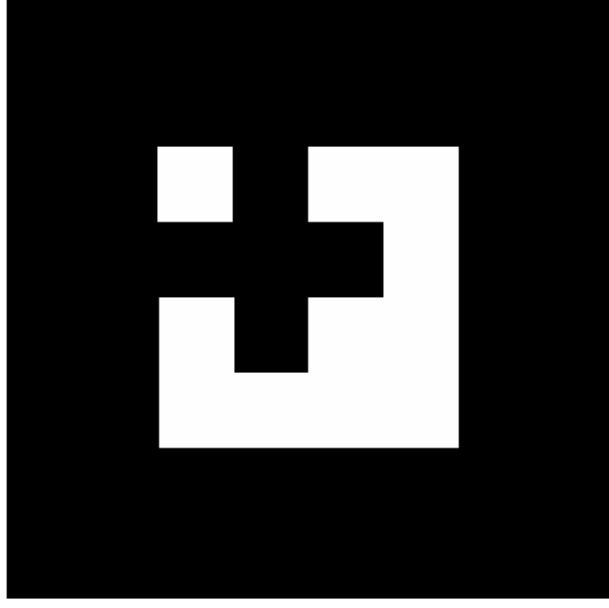
3



4

Vista incorrecta

Nº :

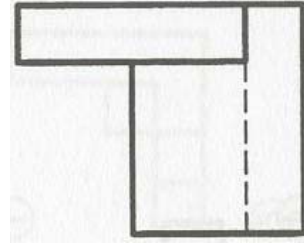


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

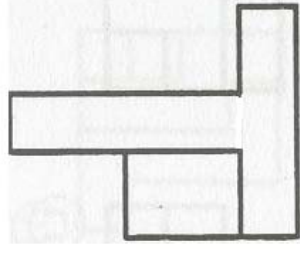
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

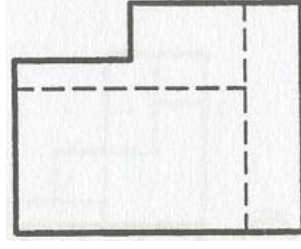
Indicar cual es incorrecta.



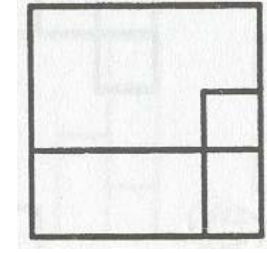
1



2



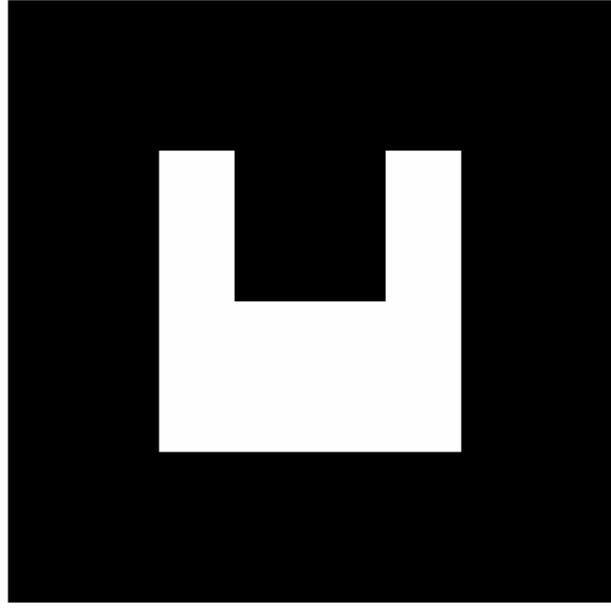
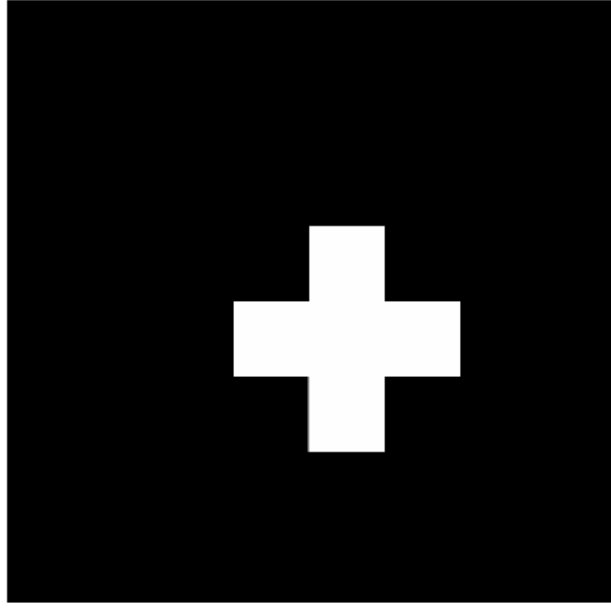
3



4

Vista incorrecta

Nº :



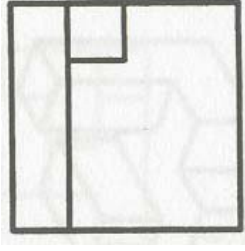
NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

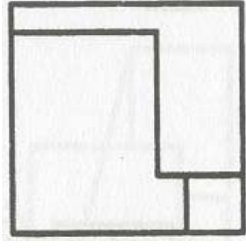
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.

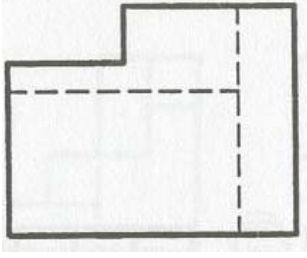
1



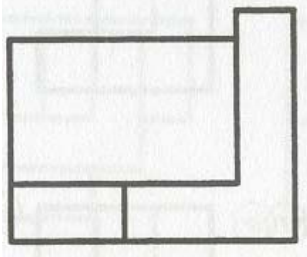
2



3

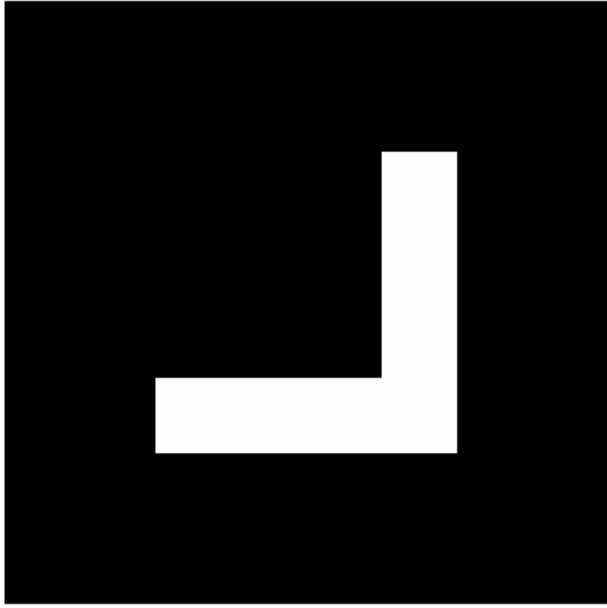
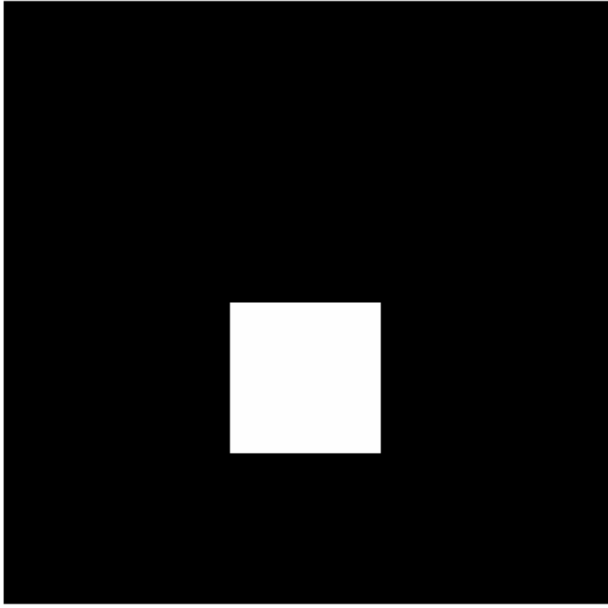


4



Vista incorrecta

Nº :



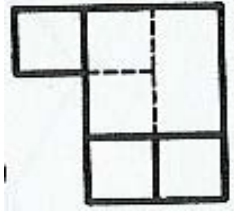
NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

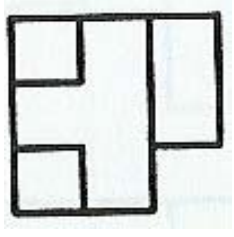
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.

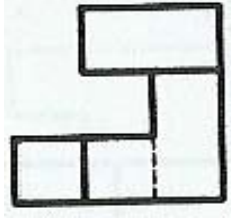
1



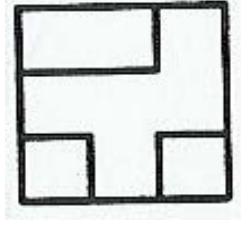
2



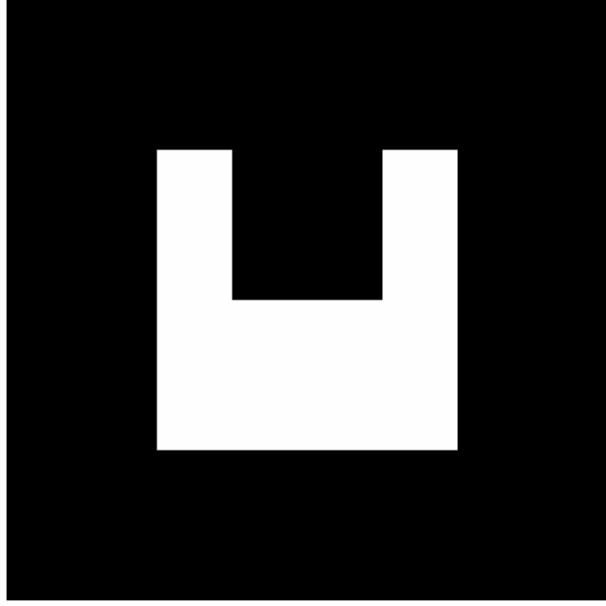
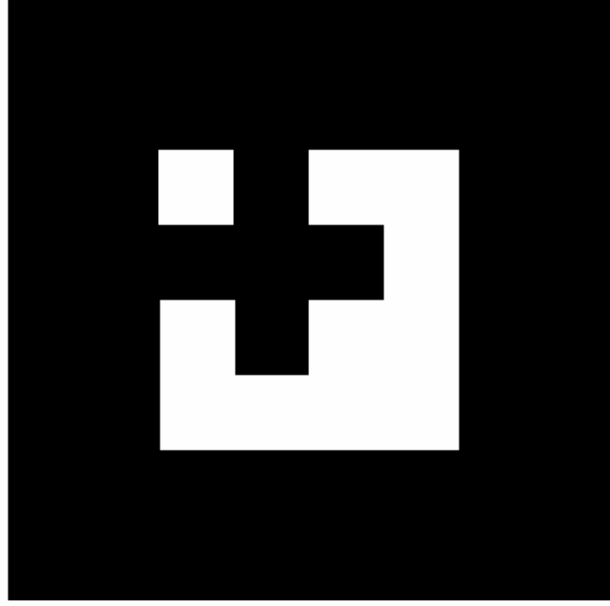
3



4



Vista incorrecta N° :

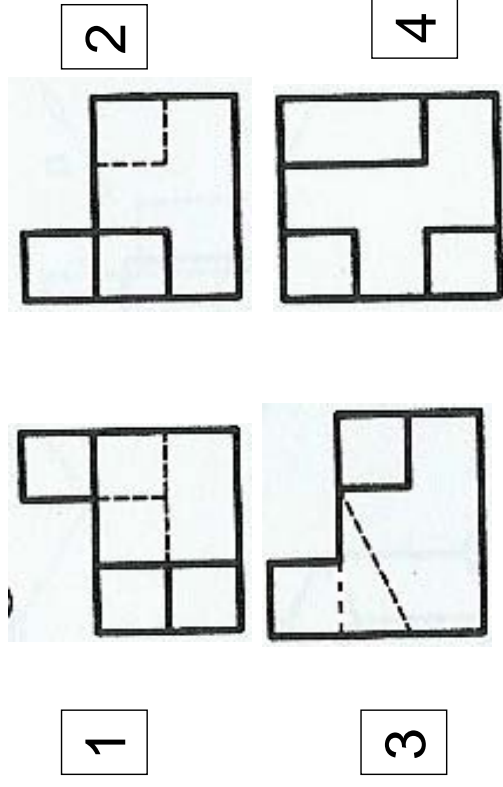


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

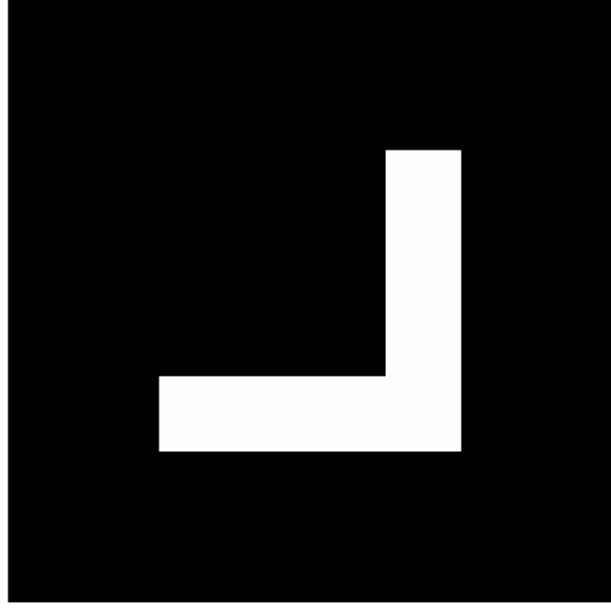
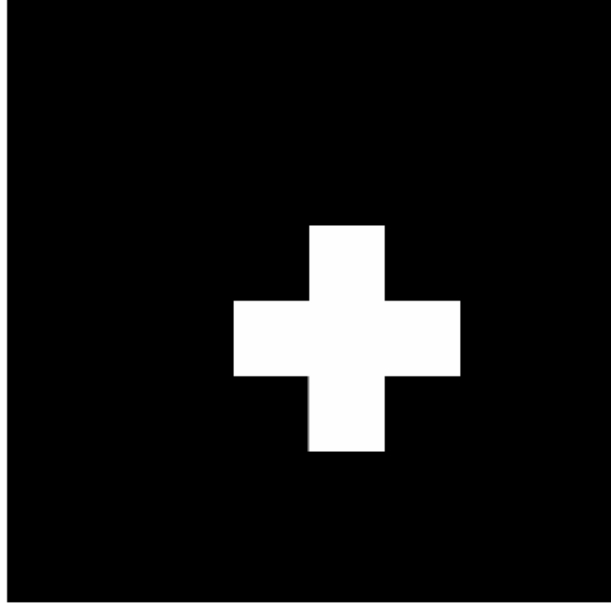
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.



Vista incorrecta

Nº :



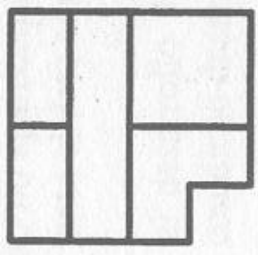
NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

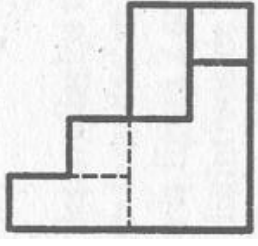
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.

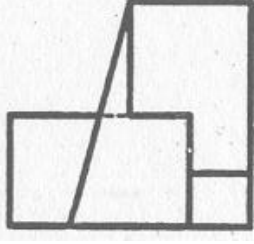
1



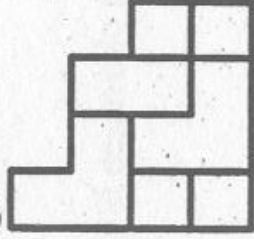
2



3

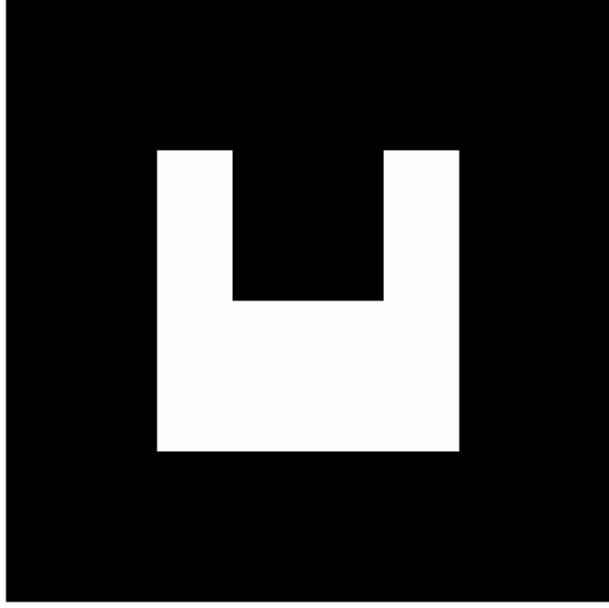
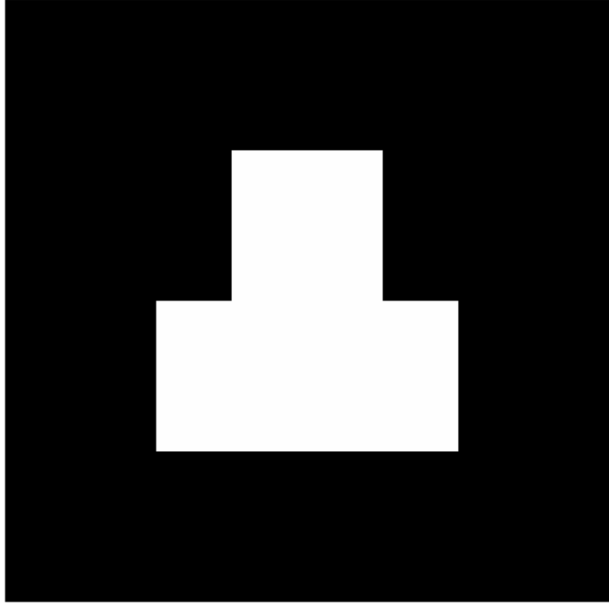


4



Vista incorrecta

Nº :

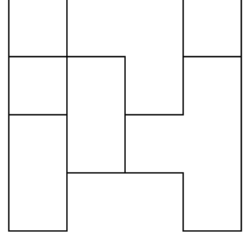


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

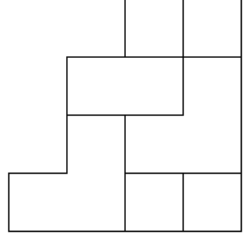
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

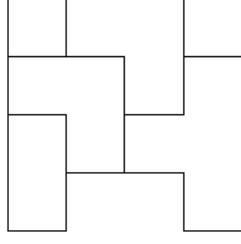
Indicar cual es incorrecta.



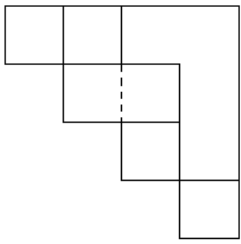
1



2



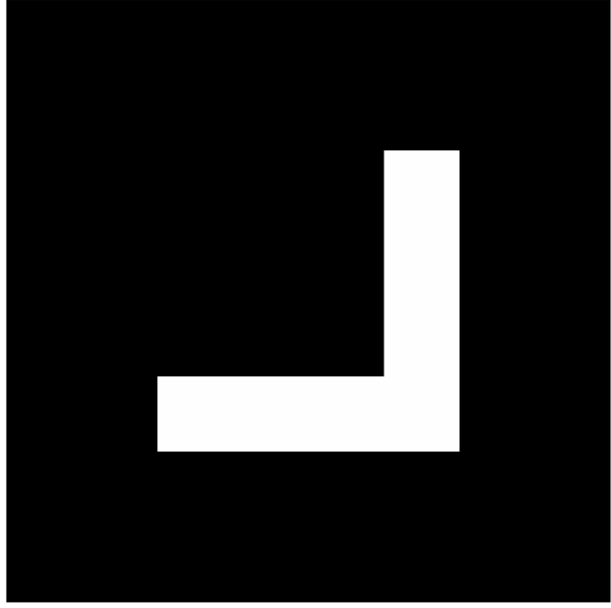
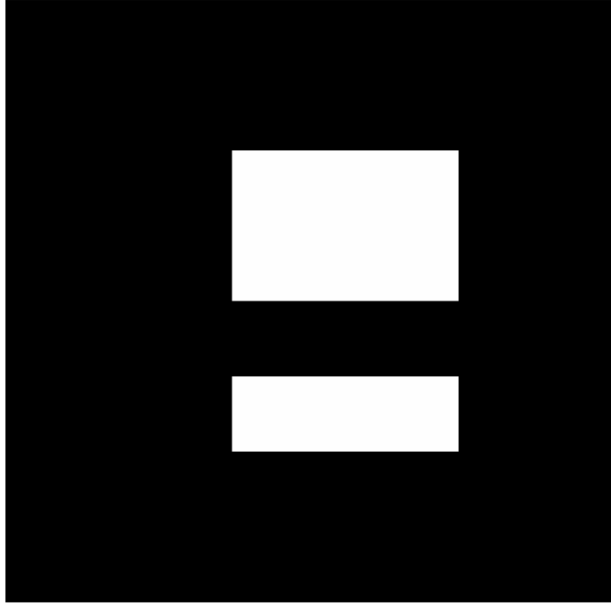
3



4

Vista incorrecta

Nº :

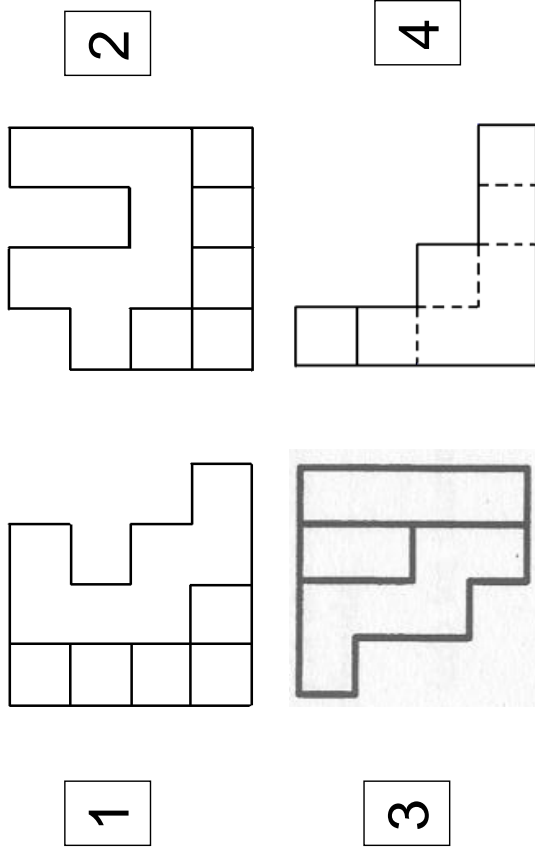


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

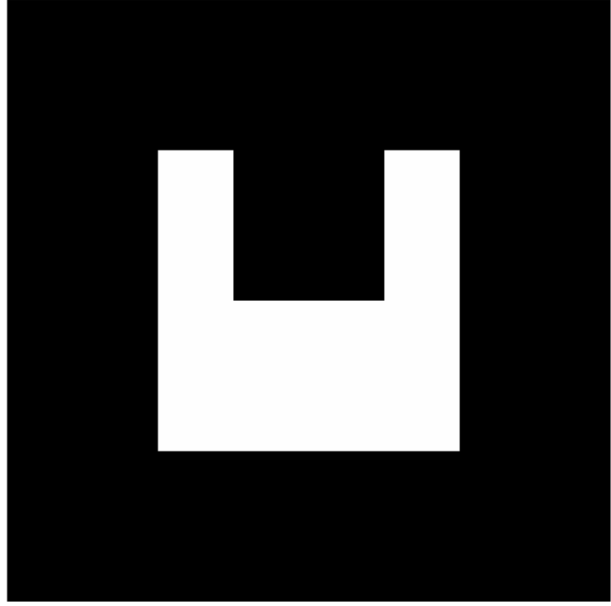
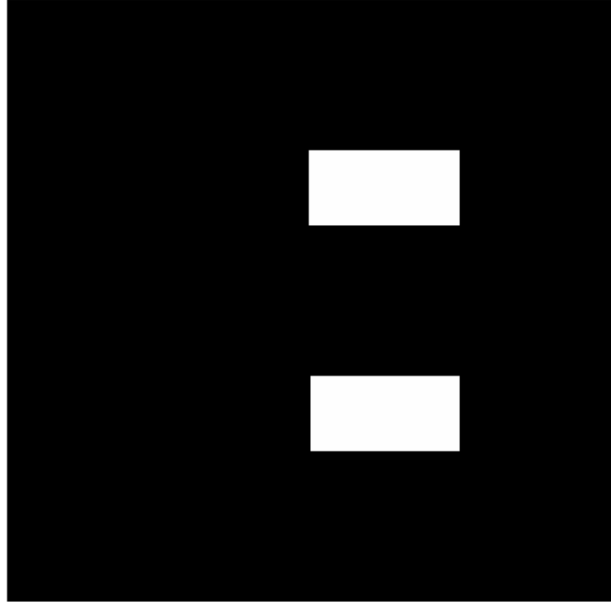
COMPRESIÓN

Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.



Vista incorrecta N° :

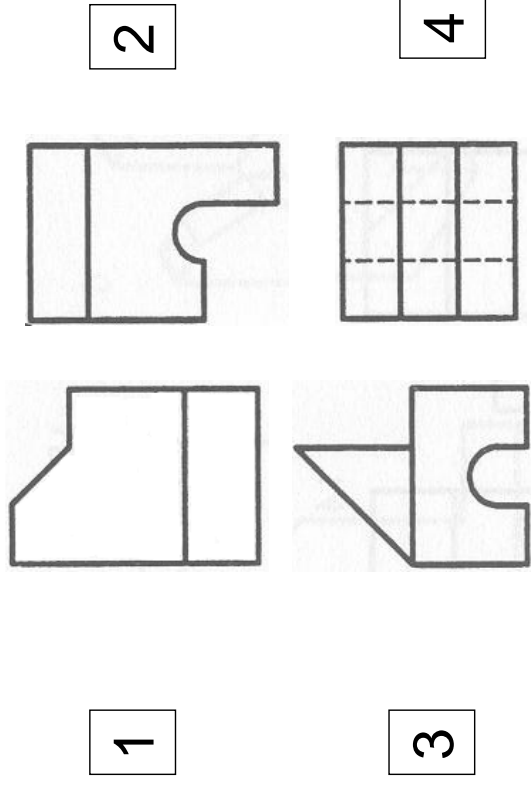


NIVEL 2.2. DISCRIMINACION DE VISTAS

COMPRESIÓN

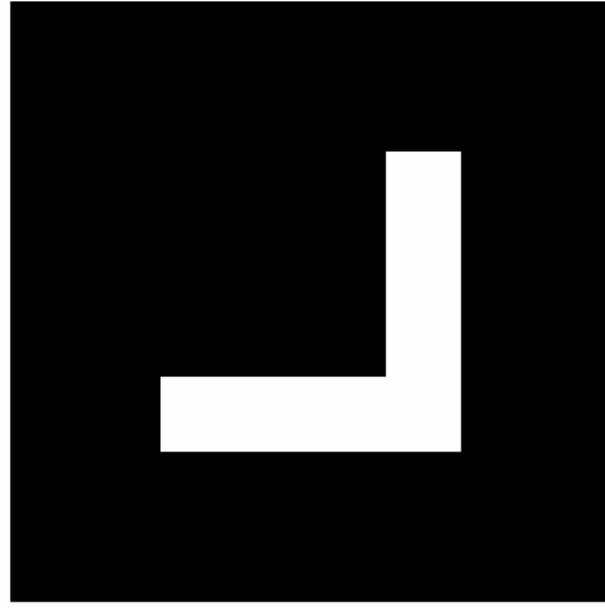
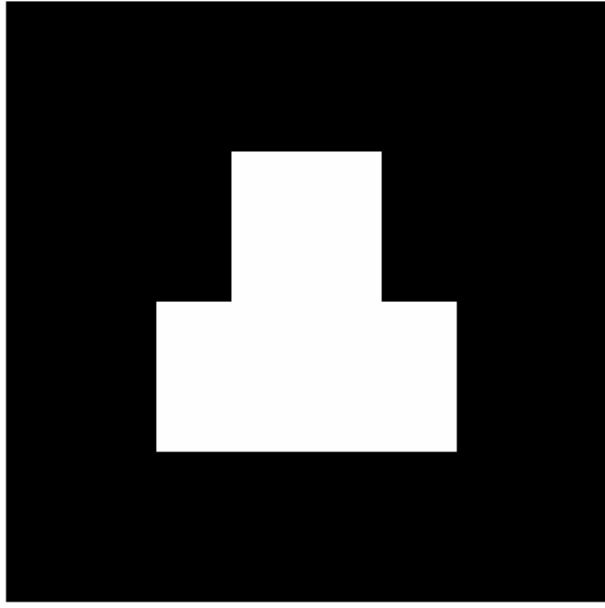
Dadas las cuatro vistas, una no es correcta por no ser Alzado, planta o perfil correcto.

Indicar cual es incorrecta.



Vista incorrecta

Nº :



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

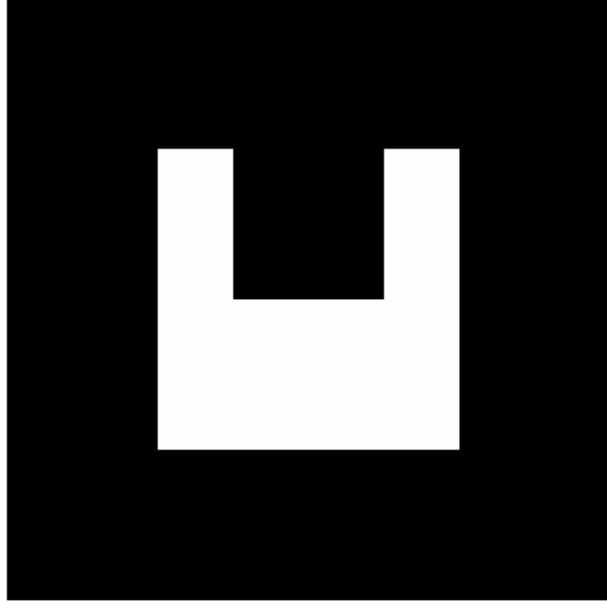
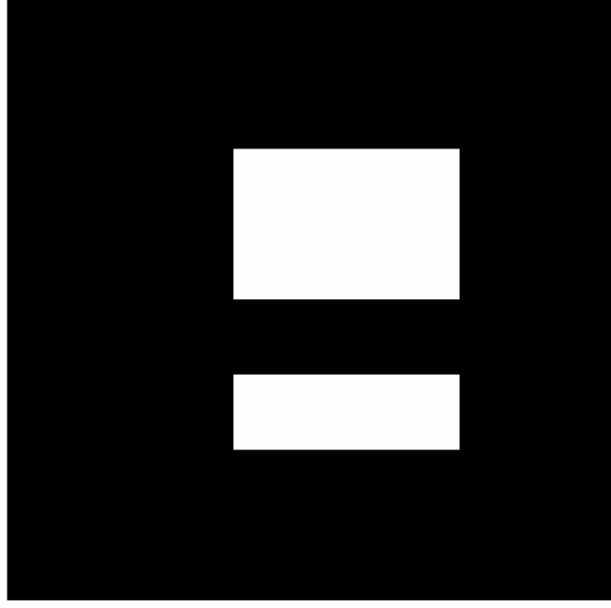
Vemos varios prismas rectangulares apilados a modo de ladrillos. Algunas de sus superficies están en contacto (no se considera contacto entre aristas) Uno o varios de los prismas están señalados por una letra.

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

X: 7

Solución



ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.

N-3.1.
Ejemplo

N-3.1.
Ejemplo

NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

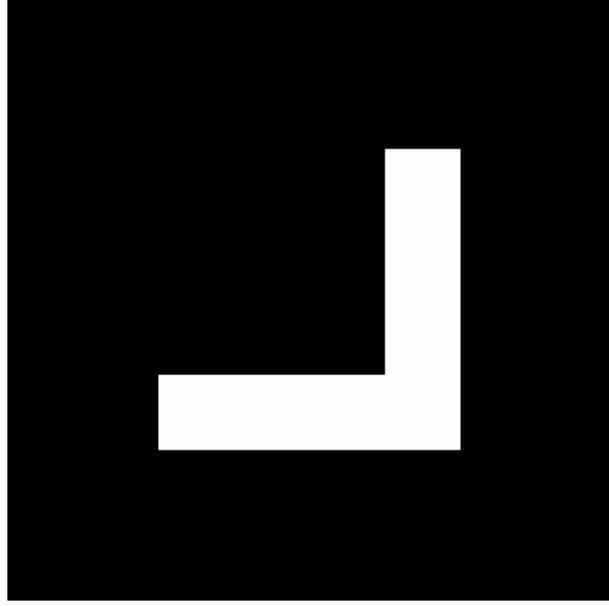
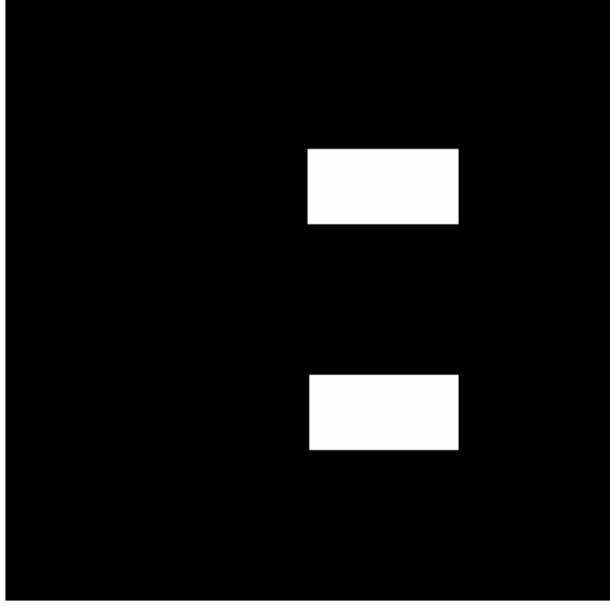
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

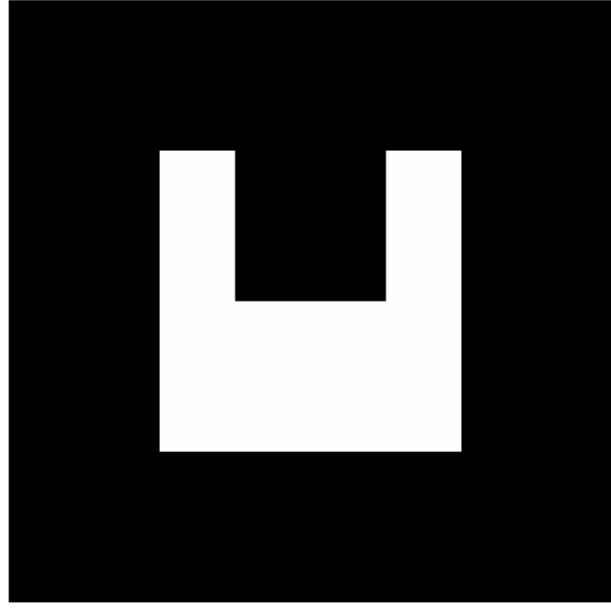
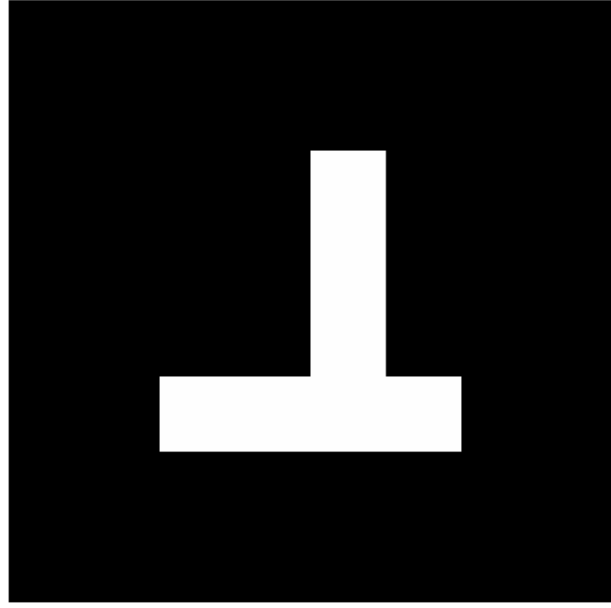
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

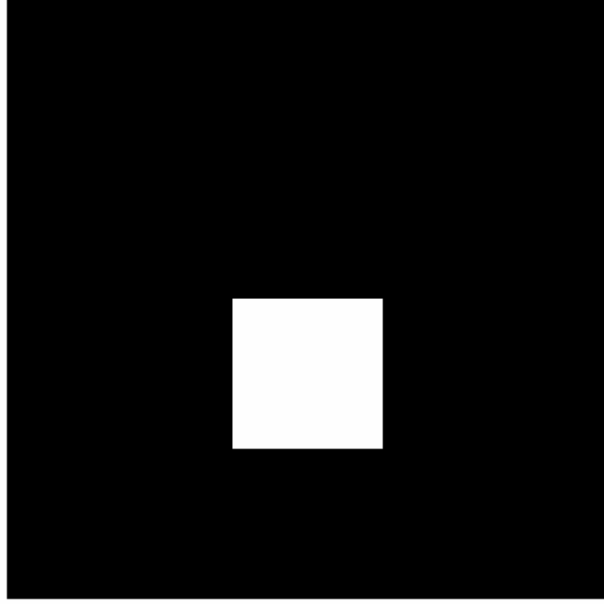
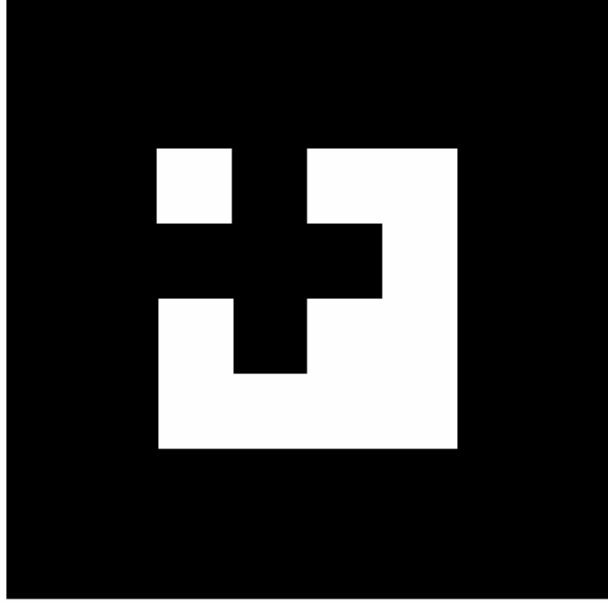
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

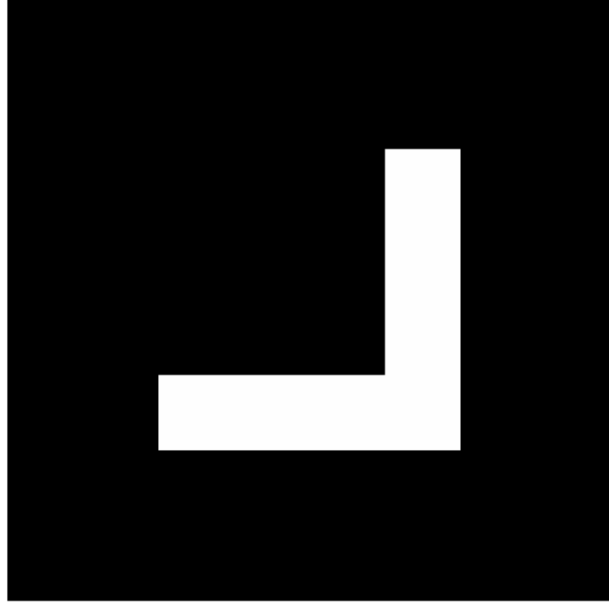
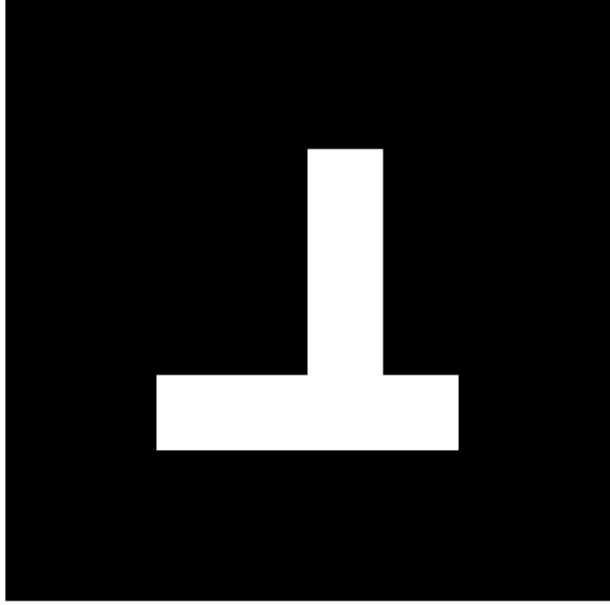
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

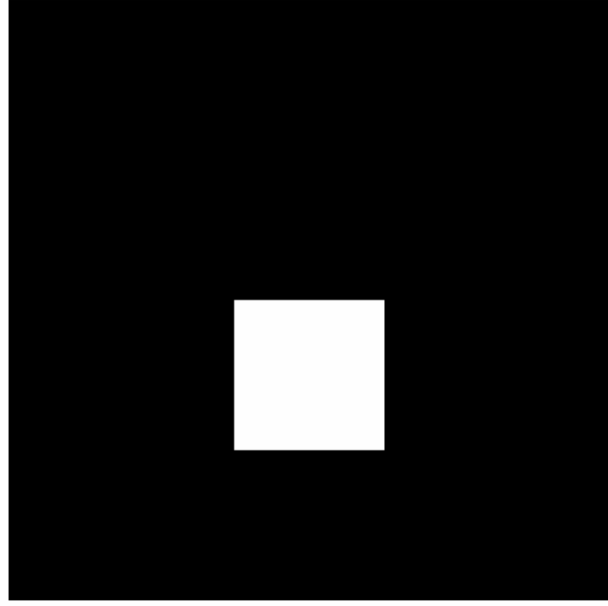
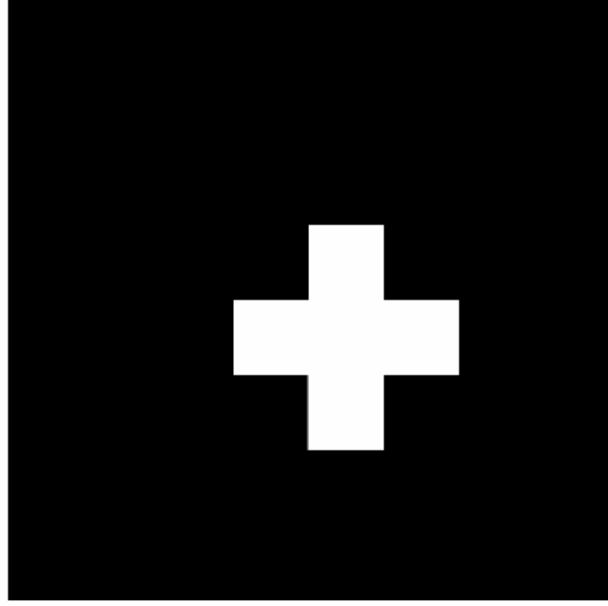
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

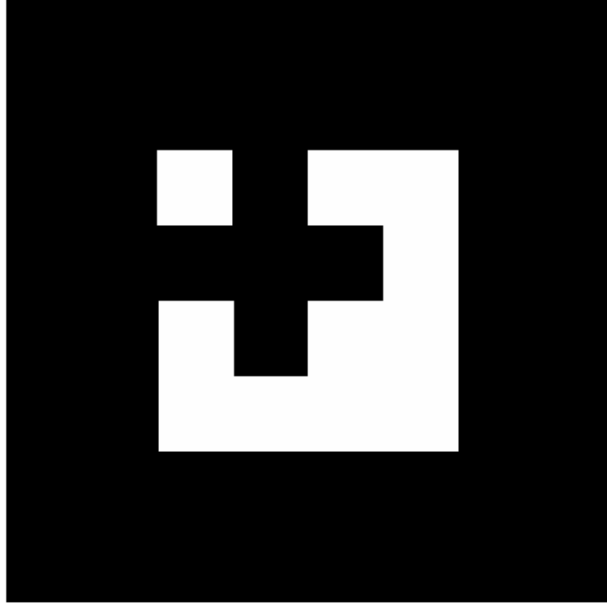
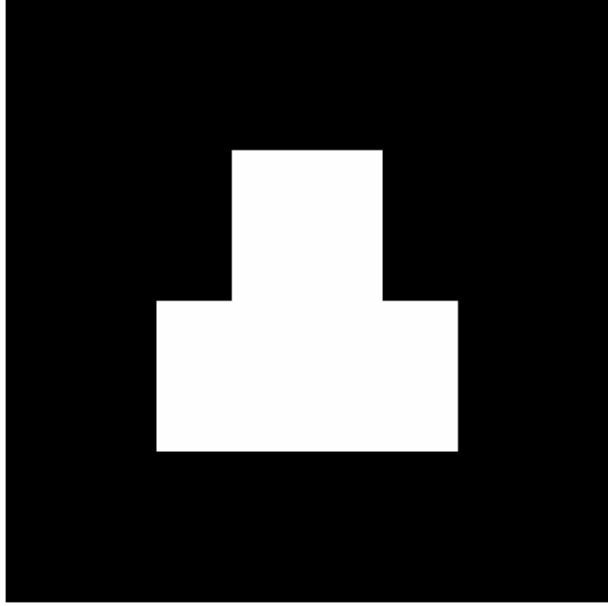
Nº de prismas en contacto:

A:

B:

C:

D:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

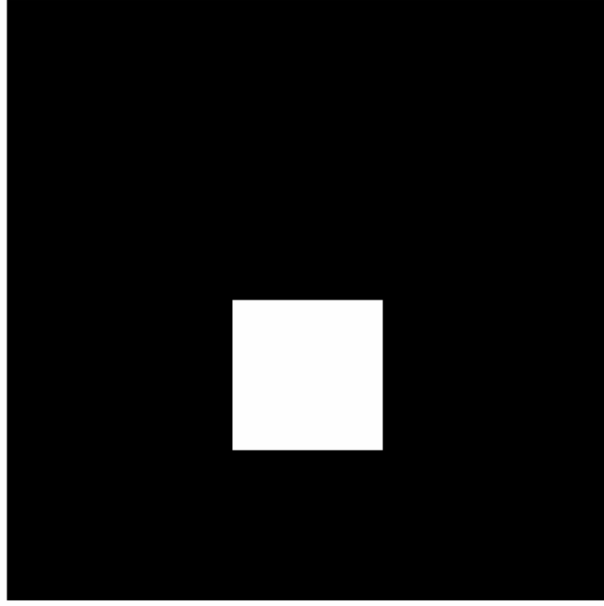
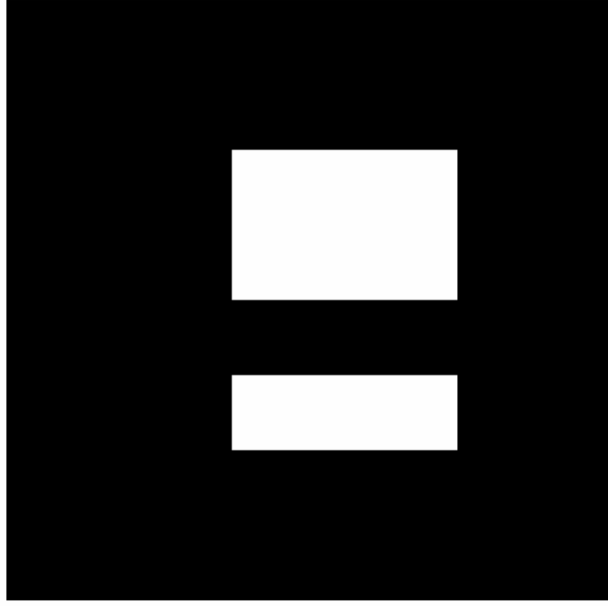
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.1. RECUENTOS

ANÁLISIS

Indica el número de prismas que están en contacto con el señalado por la letra.

Nº de prismas en contacto:

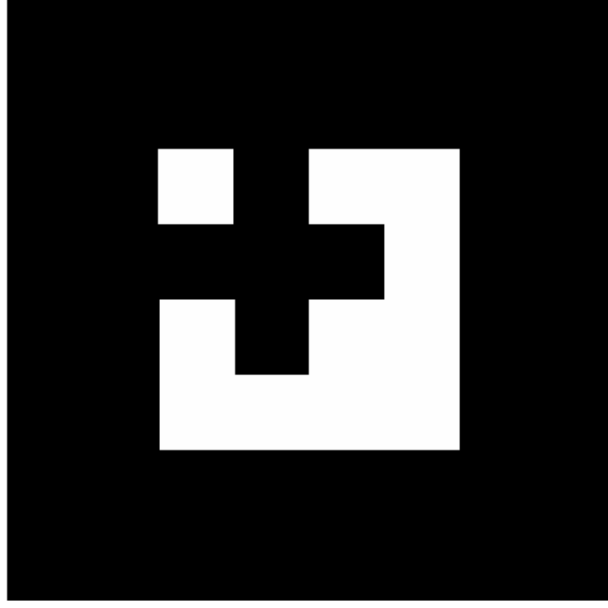
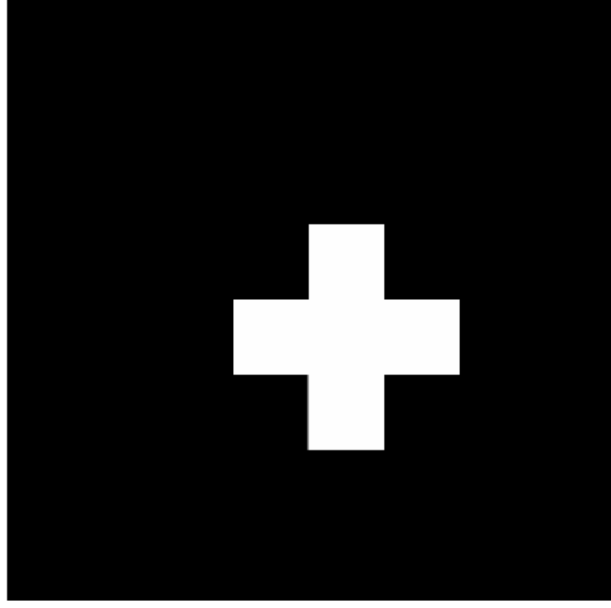
A:

B:

C:

D:

E:



NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

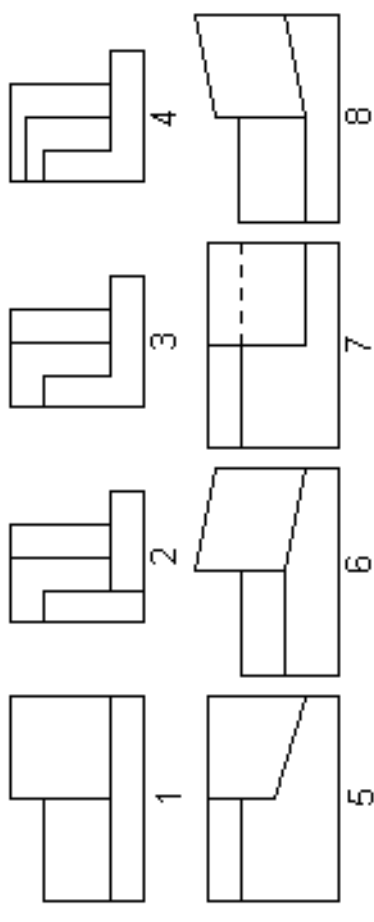
ANÁLISIS

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

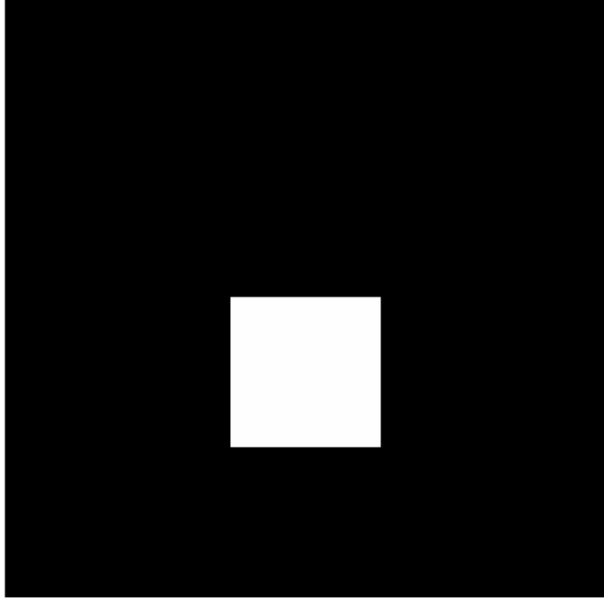
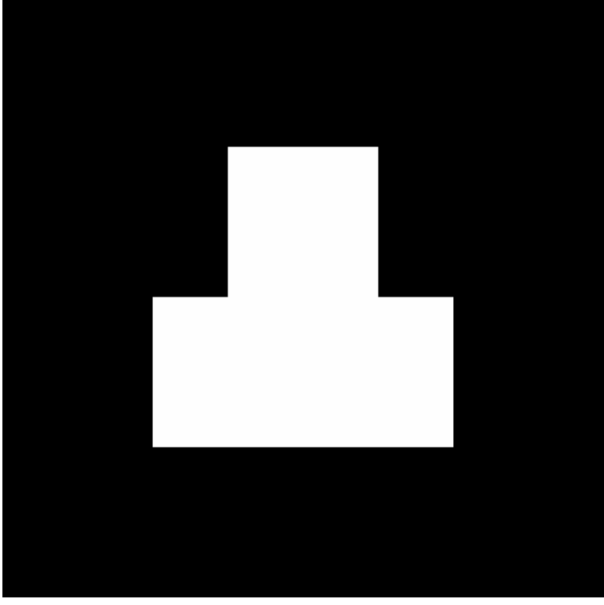
Indica en el recuadro el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



Solución

Vista	Alz	PI	Pf	Otra
Nº	1	5		

ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.



N-3.2.
Ejemplo

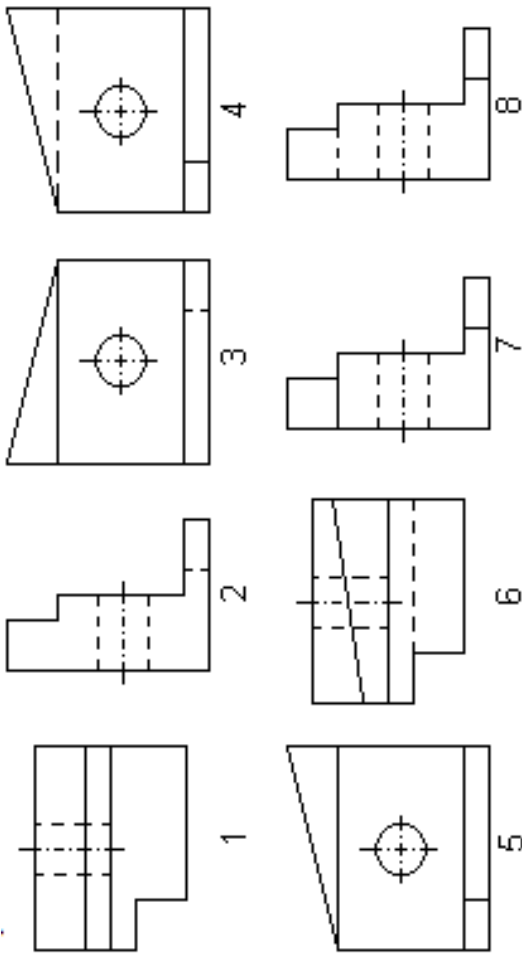
N-3.2.
Ejemplo

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

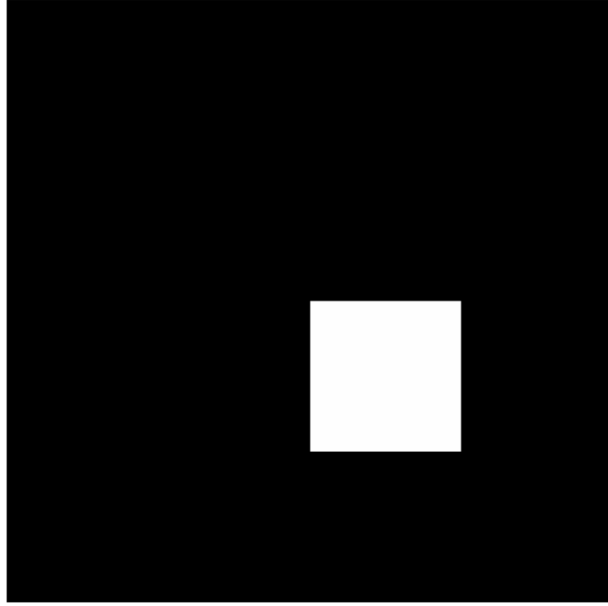
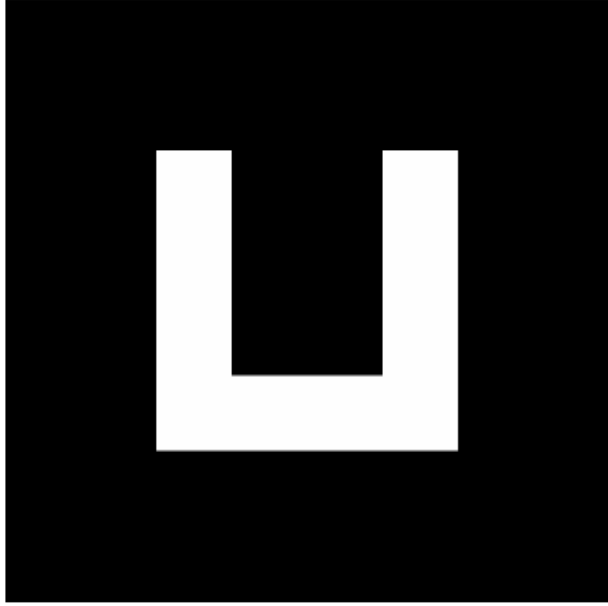
ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

Indica en el recuadro el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



Vista	Alz	PI	Pf	Otra
Nº				

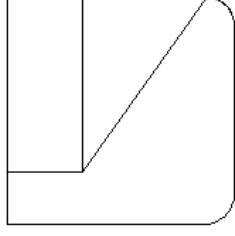


NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

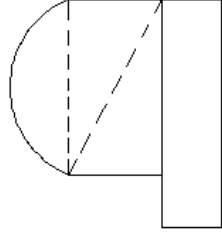
ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

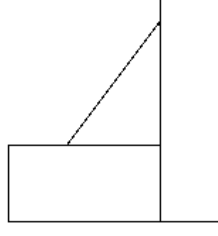
Indica en el recuadro el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



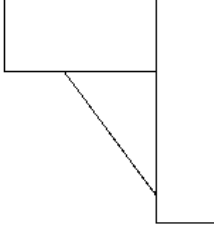
1



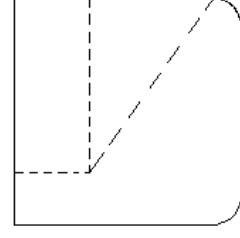
3



2

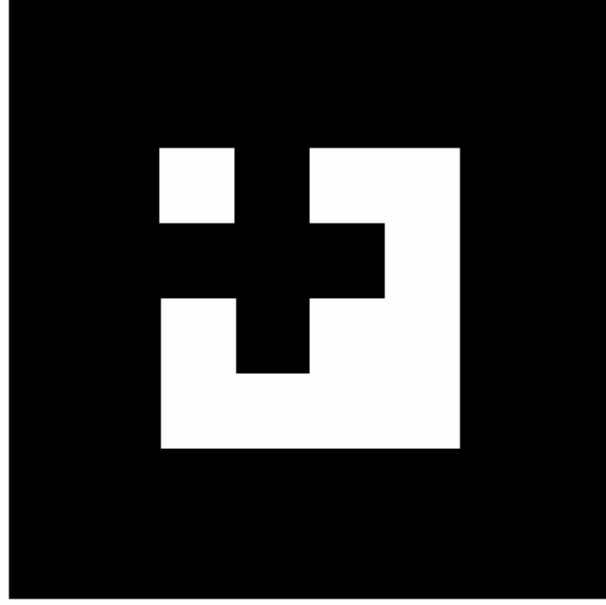
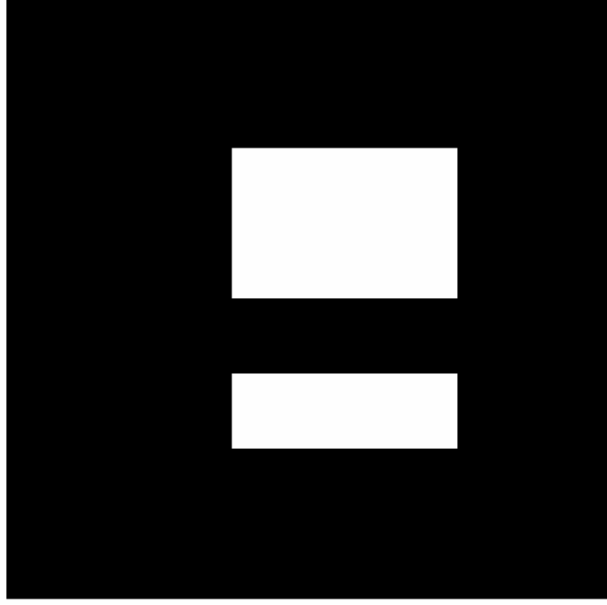


5



4

Vista	Alz	PI	Pf	Otra
Nº				

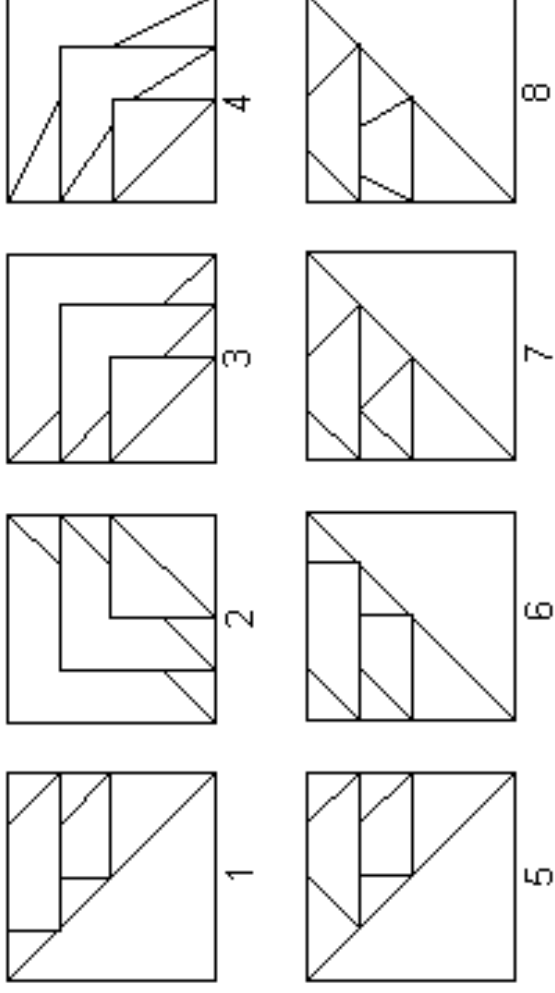


NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

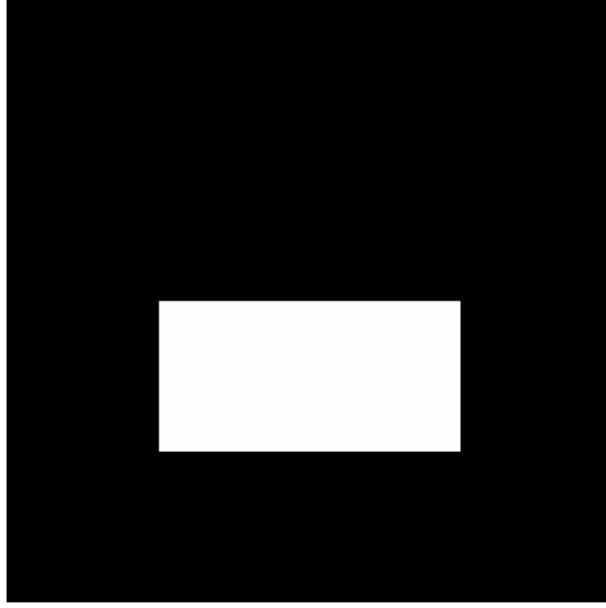
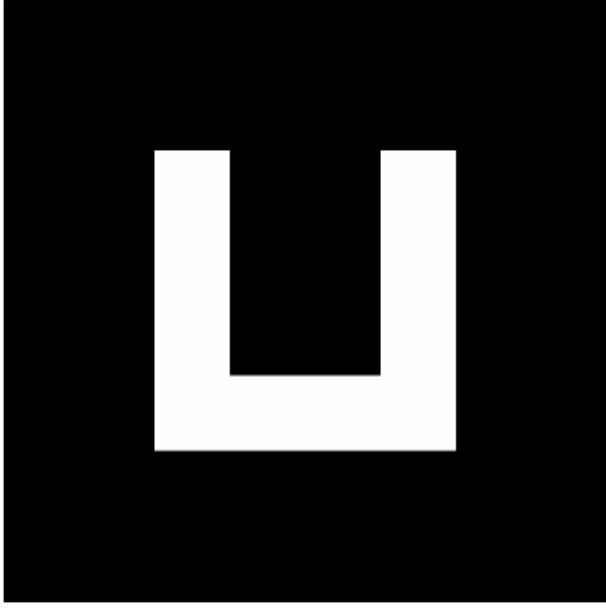
ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

Indica en el recuadro el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



Vista	Alz	PI	Pf	Otra
Nº				

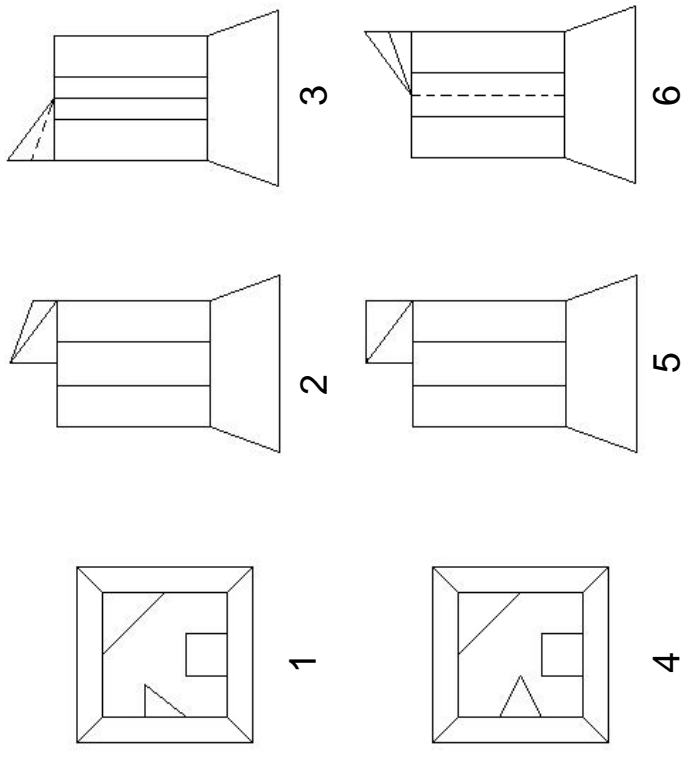


NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

Indica en el recuadro el número de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



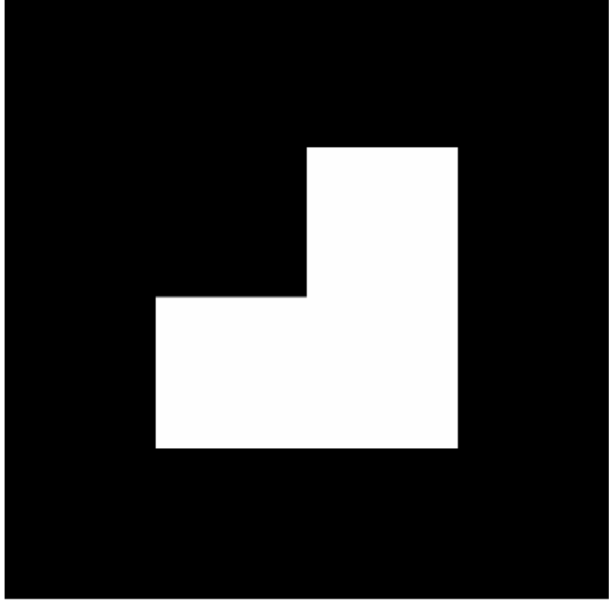
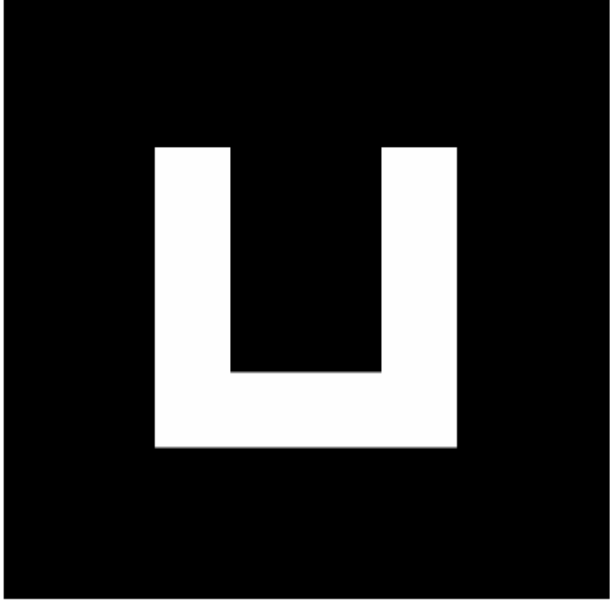
Vista	Alz	PI	Pf	Otra
Nº				

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



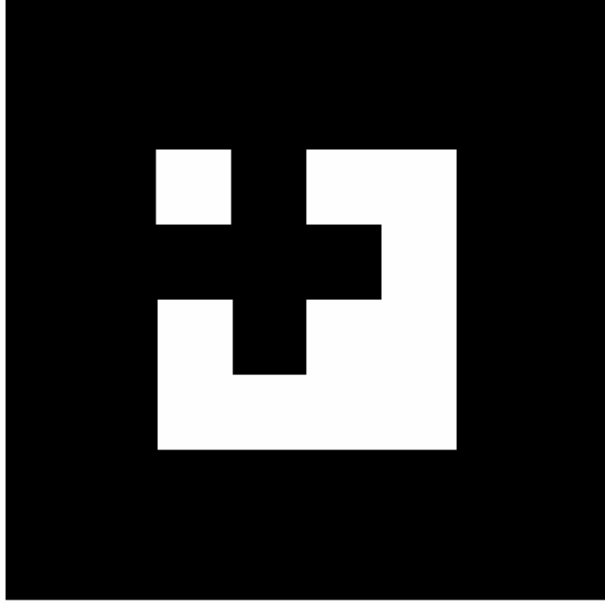
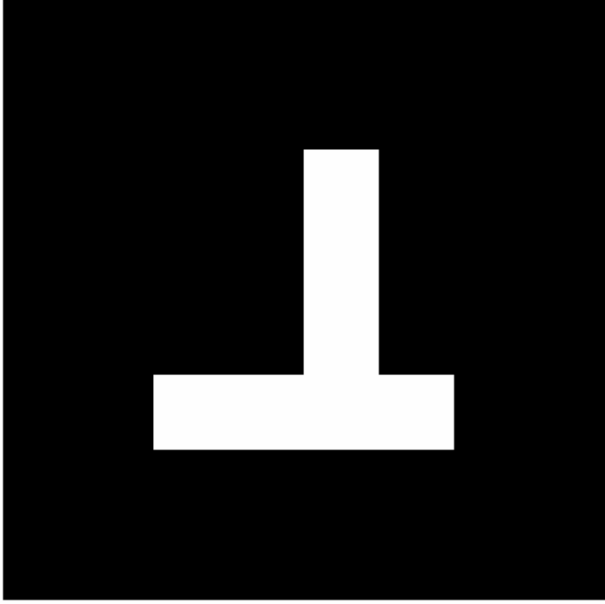
Vista	Alz	Pl	Pf

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



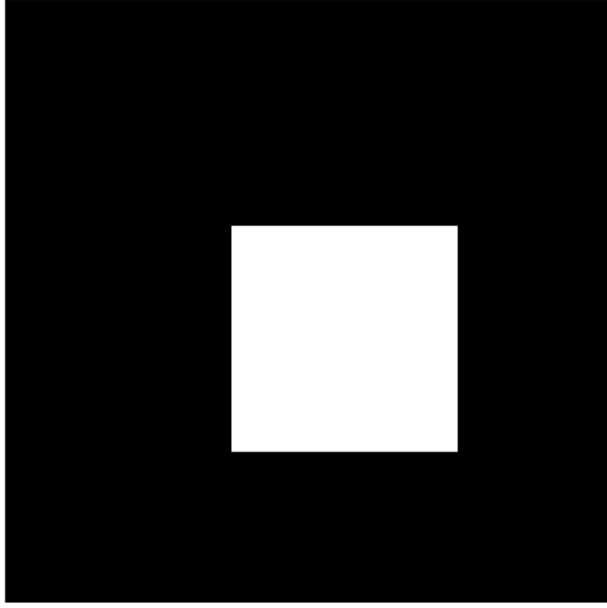
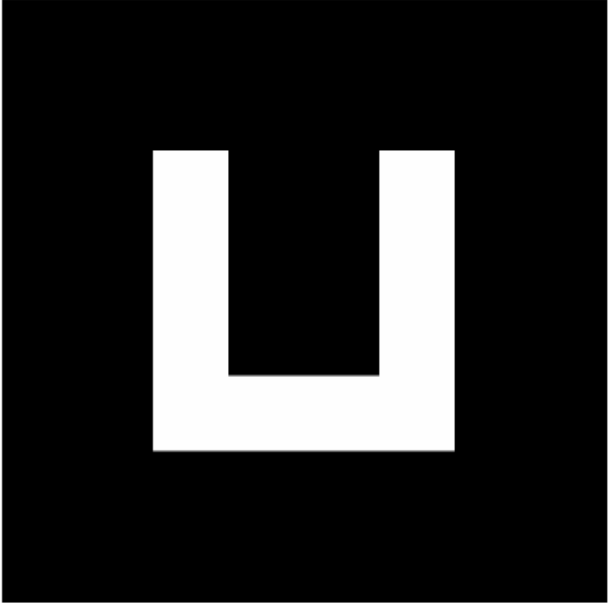
Vista	Alz	Pl	Pf

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



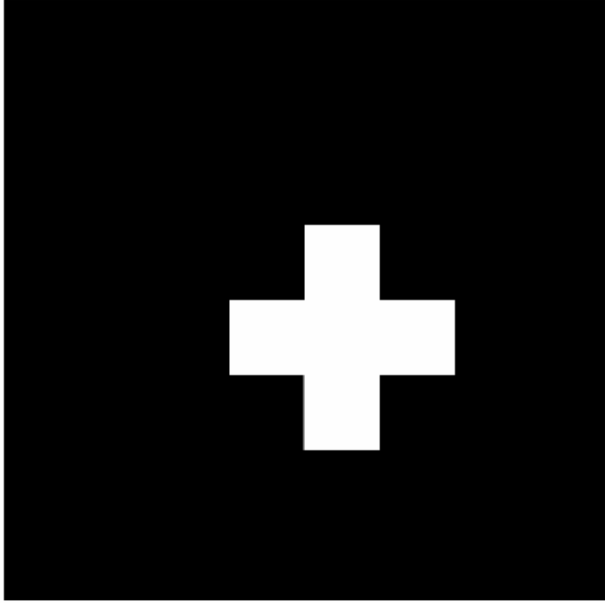
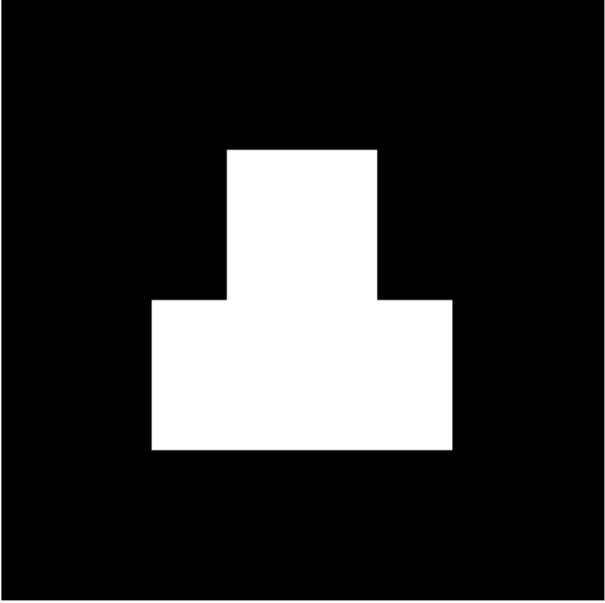
Vista	Alz	Pl	Pf

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



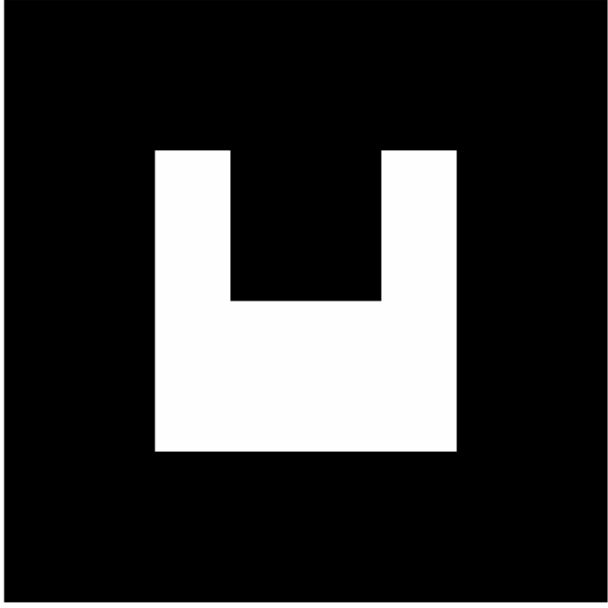
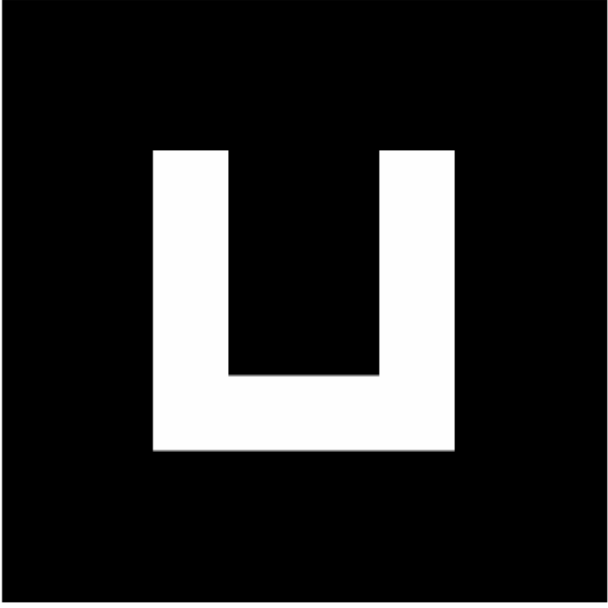
	Alz	Pl	Pf
Vista			

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS

Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

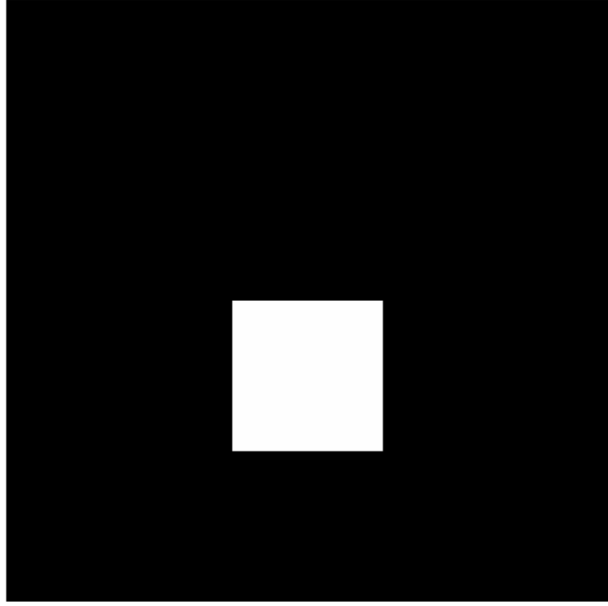
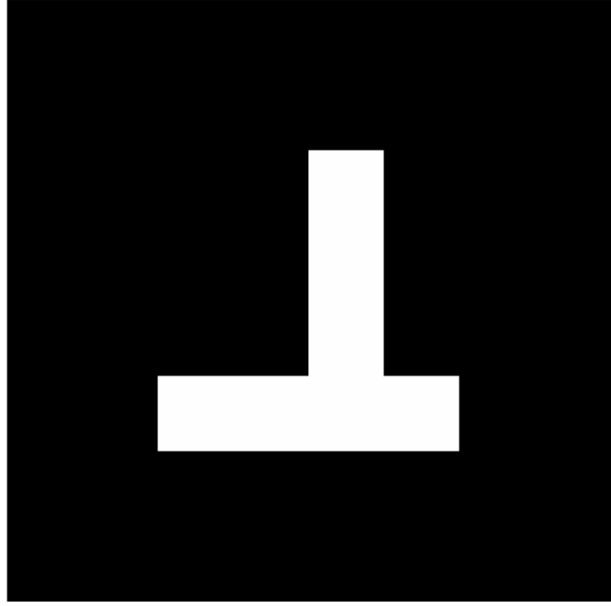
MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.



Vista	Alz	PI	Pf

NIVEL 3.2. VISTAS MÍNIMAS

ANÁLISIS



Localizar el número mínimo de vistas necesarias para su correcta definición.

MARCA con una X, la casilla de las vistas que se necesitan para definir la pieza de forma correcta.

Vista	Alz	PI	Pf

NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

SINTESIS

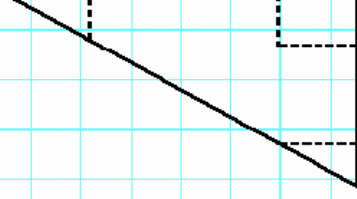
NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

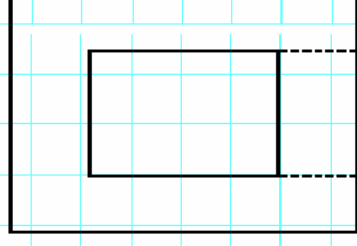
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

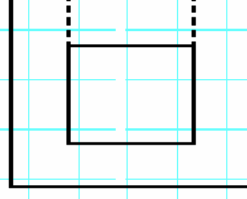
Alzado



Perfil



Planta

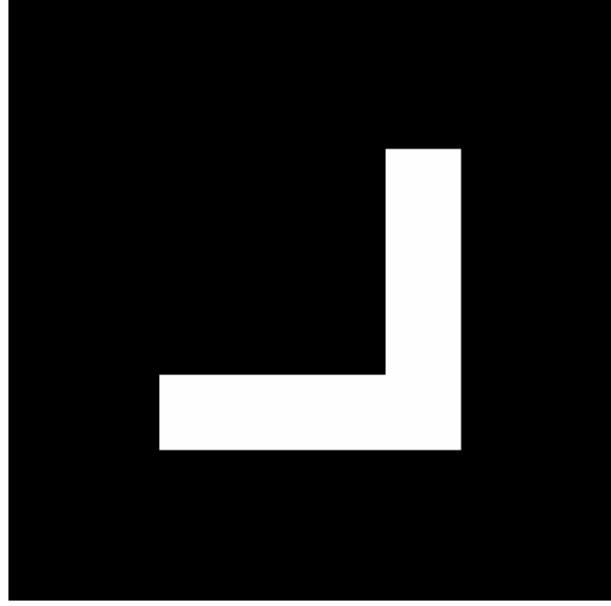
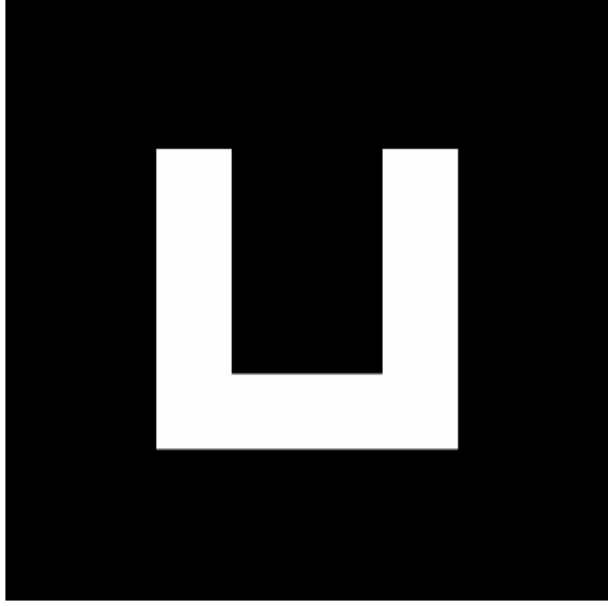


?



Solución

ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.



N-4.1.
Ejemplo

N-4.1.
Ejemplo

NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

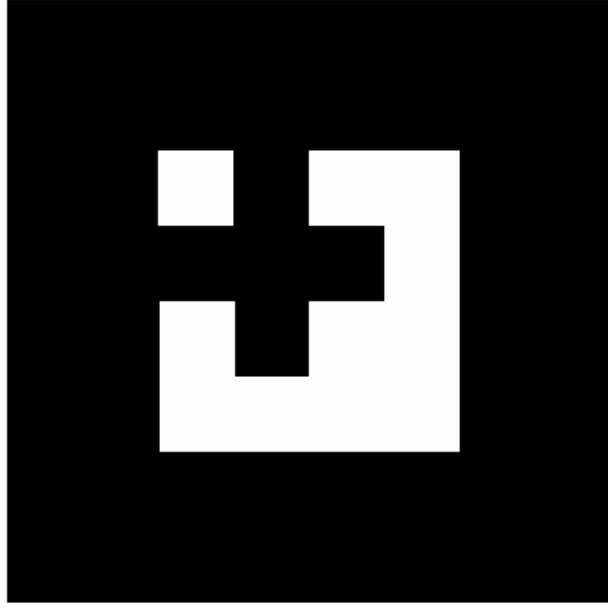
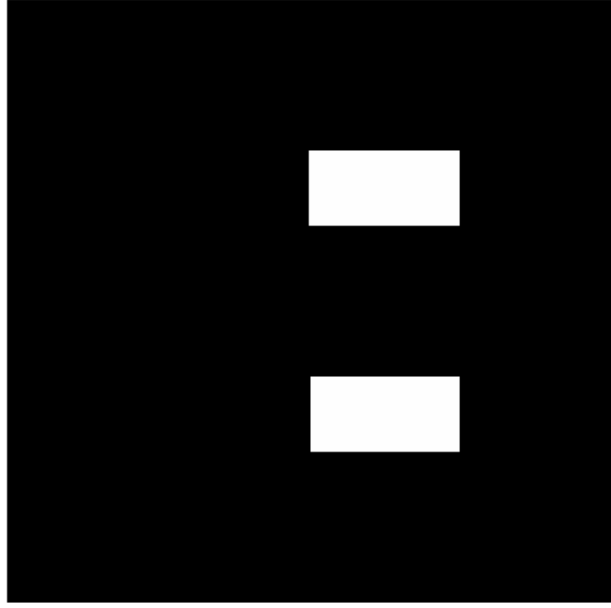
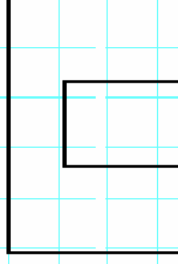
Alzado

?

Perfil



Planta



NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

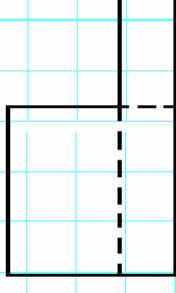
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

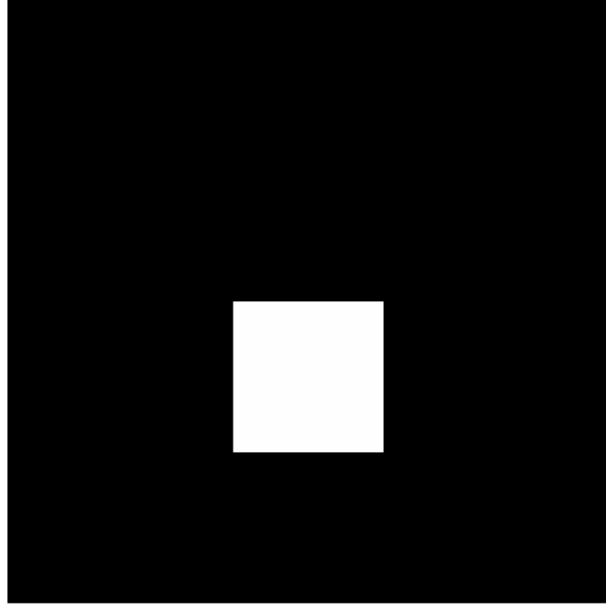
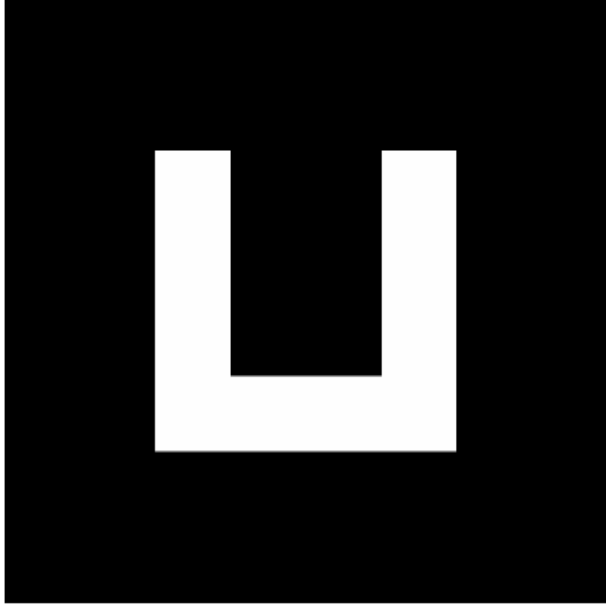
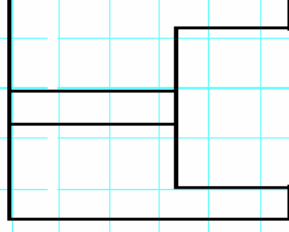
Alzado



Perfil



Planta



NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

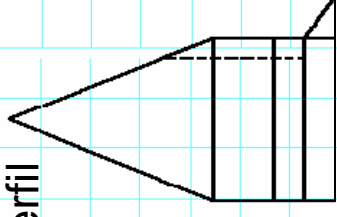
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

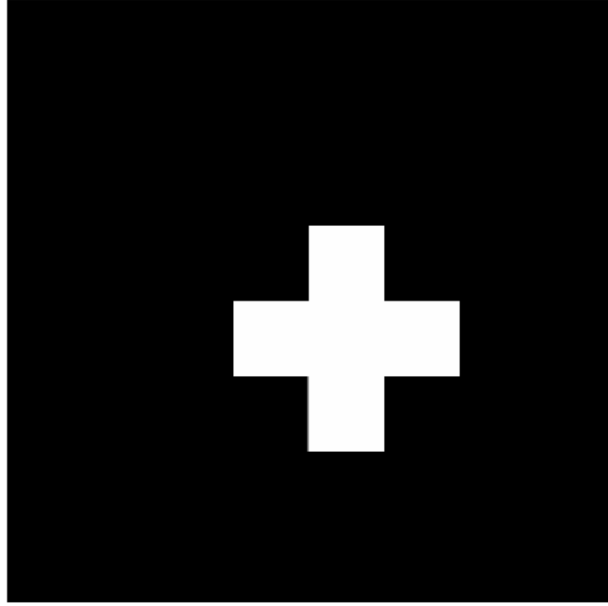
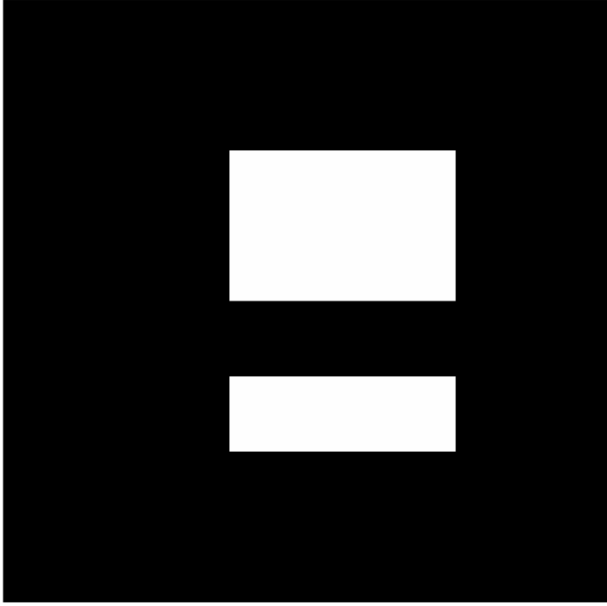
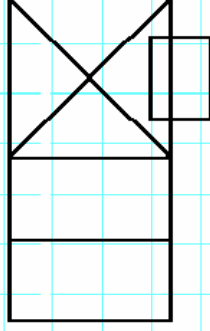
Alzado



Perfil



Planta

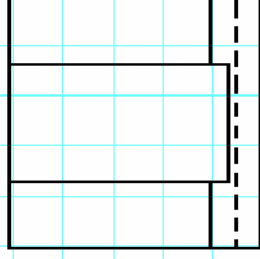


NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

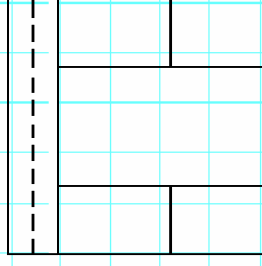
Alzado



Perfil

?

Planta

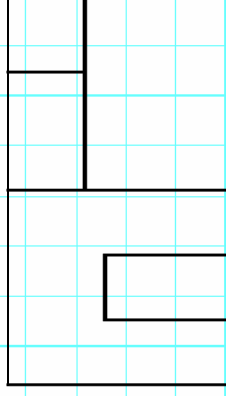


NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

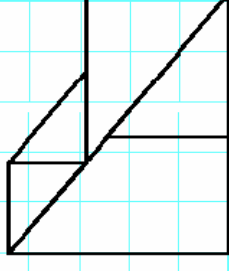
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

Alzado

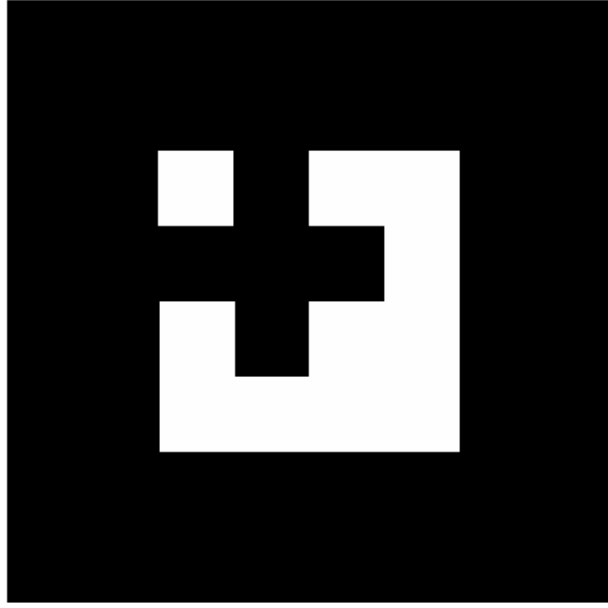
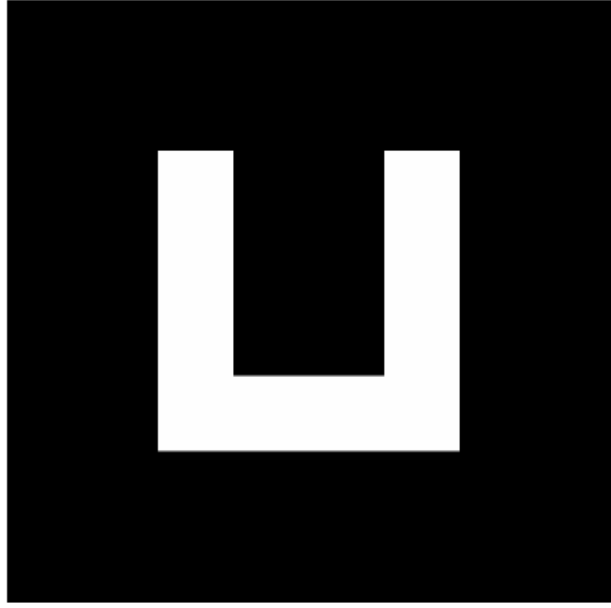


Perfil



Planta

?



NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

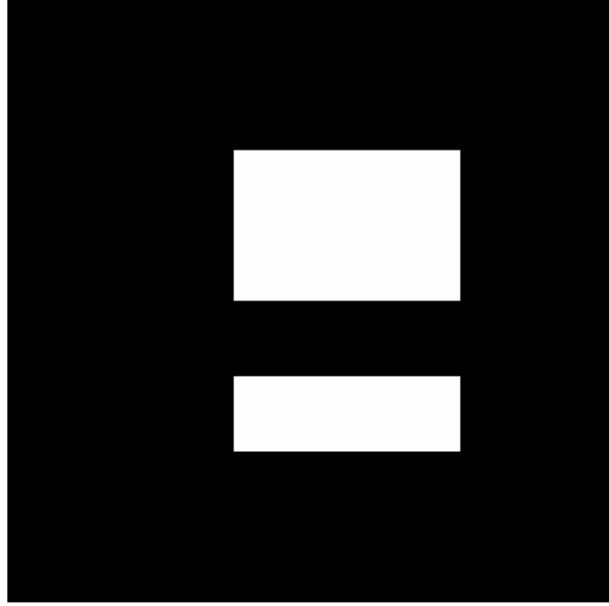
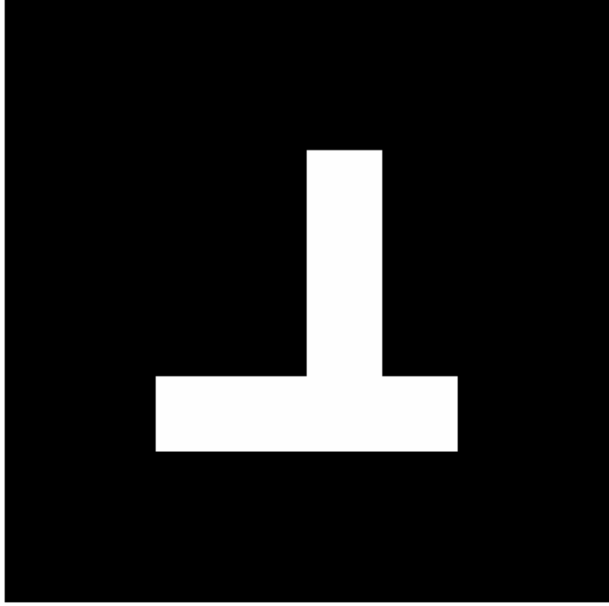
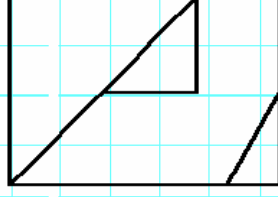
Alzado



Perfil

?

Planta



NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

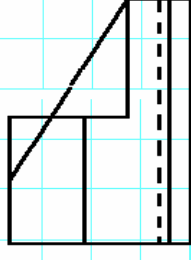
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

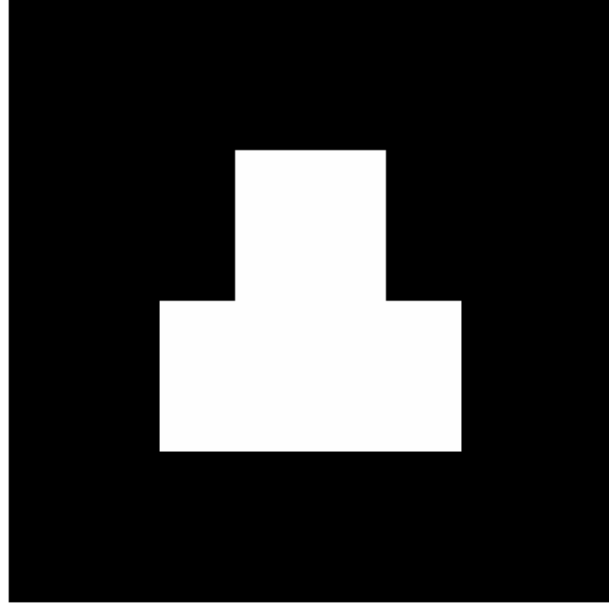
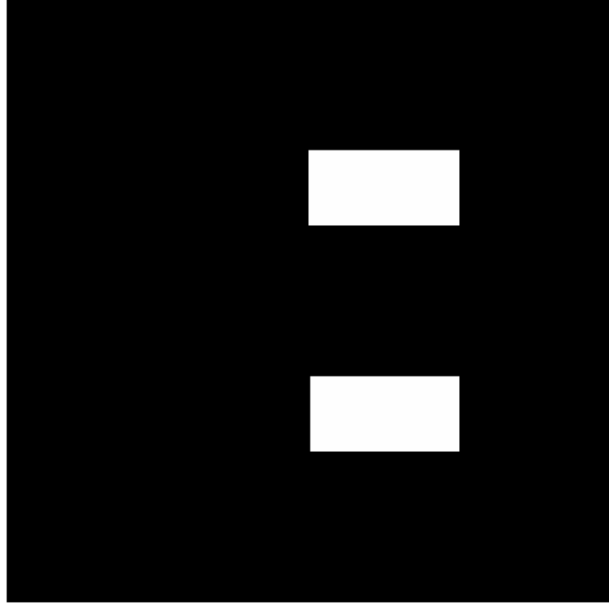
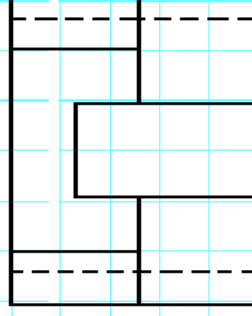
Alzado

?

Perfil



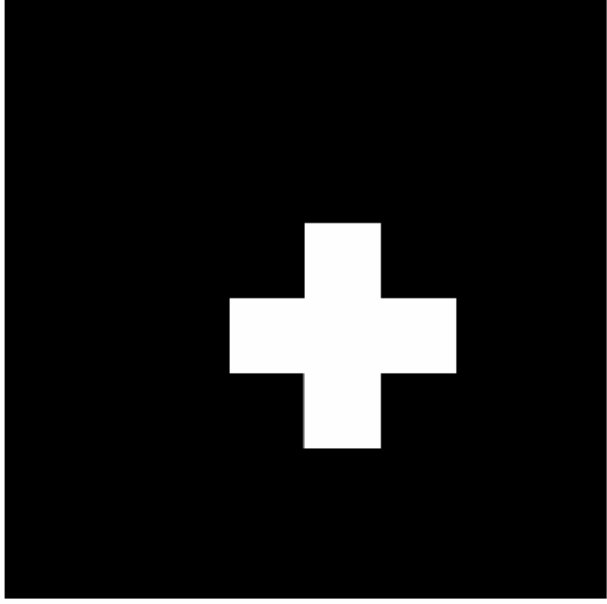
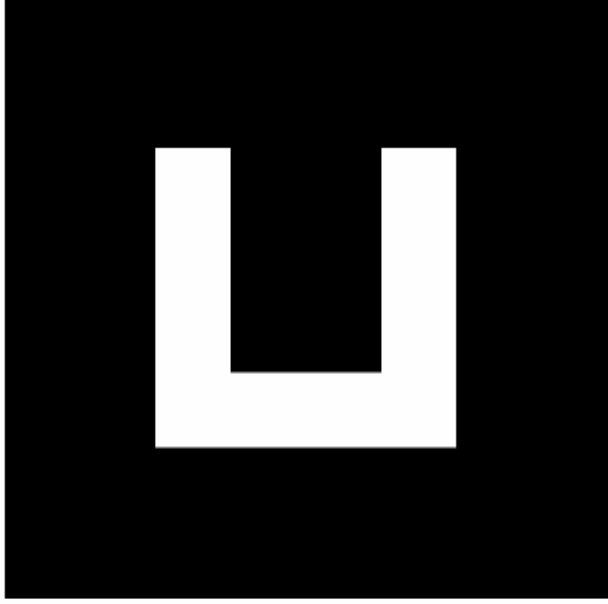
Planta



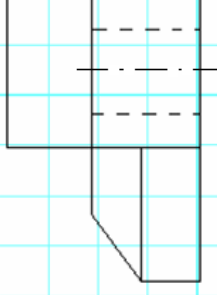
NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

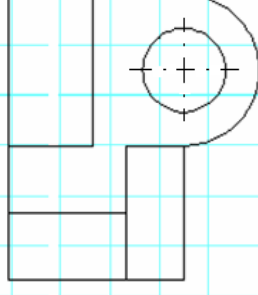
Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.



Alzado



Planta



Perfil

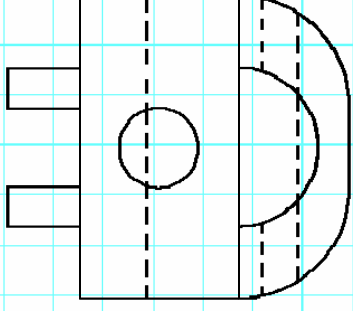
?

NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

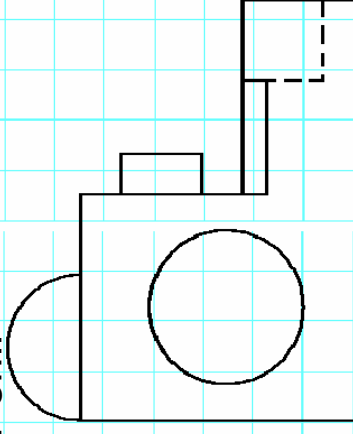
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

Alzado

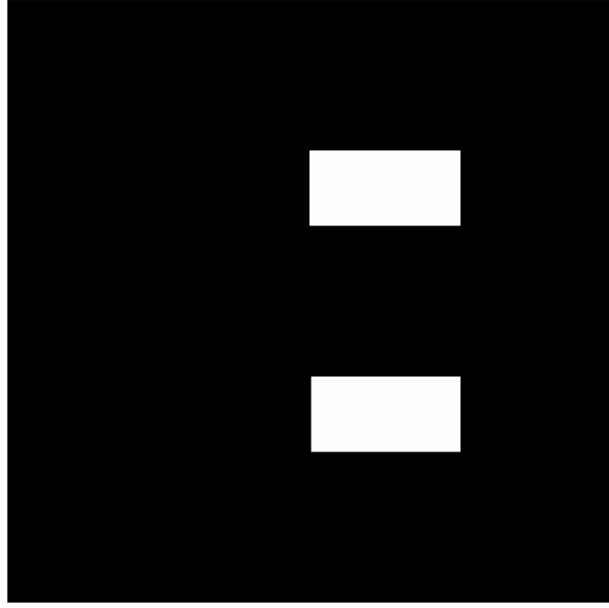
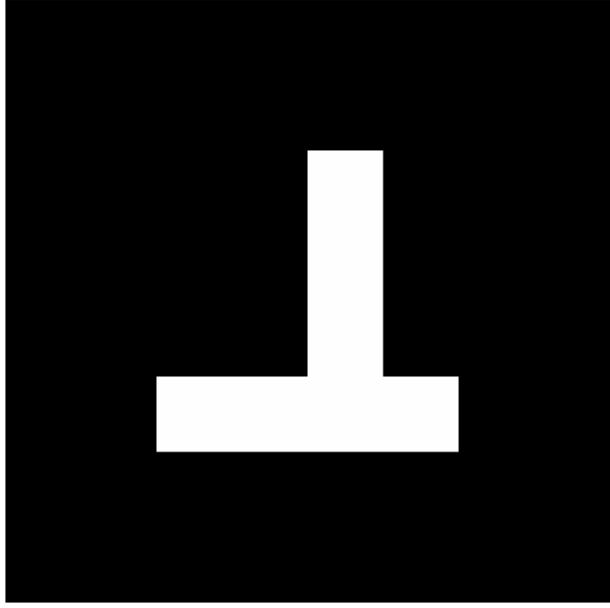


Perfil



Planta

?

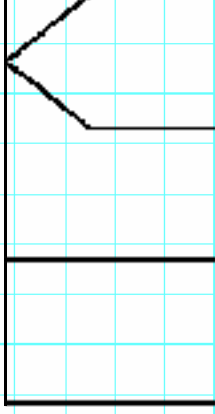


NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

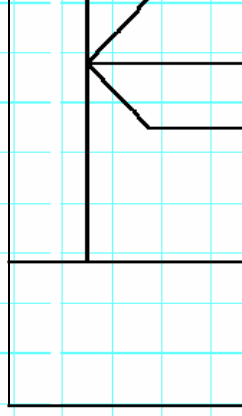
Alzado



Perfil



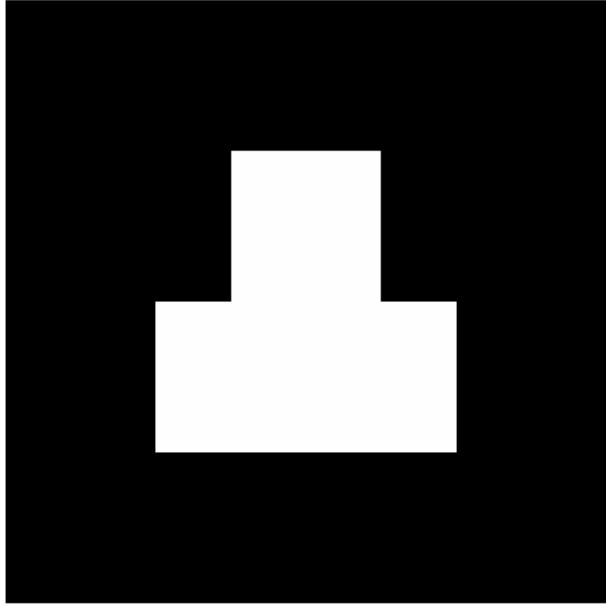
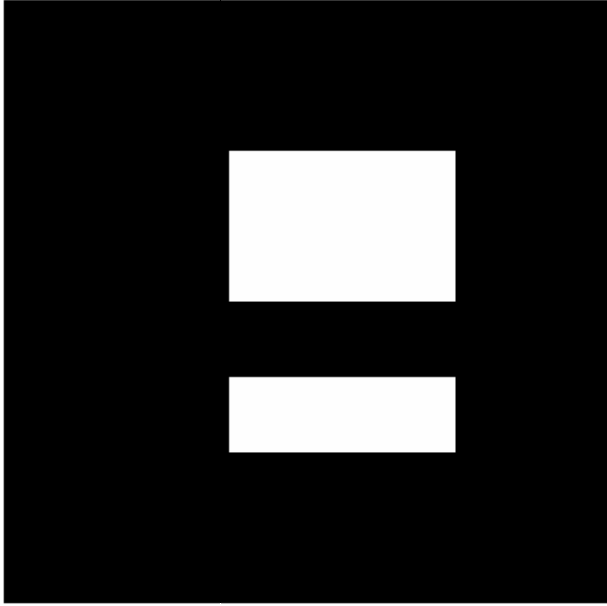
Planta



NIVEL 4.1. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) la vista propuesta.

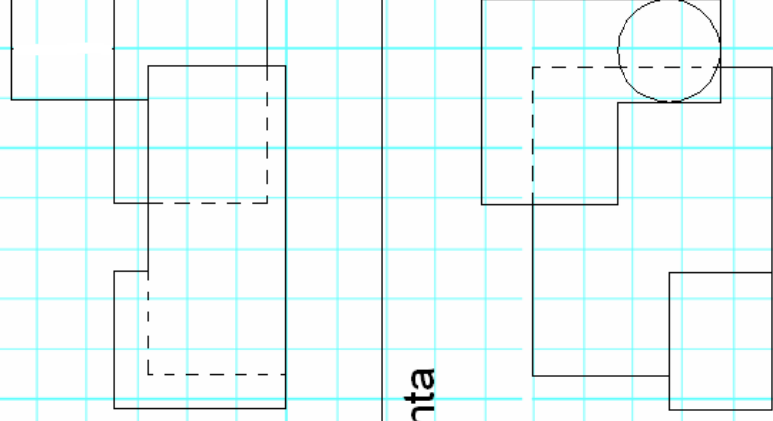


Alzado

Perfil

?

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta

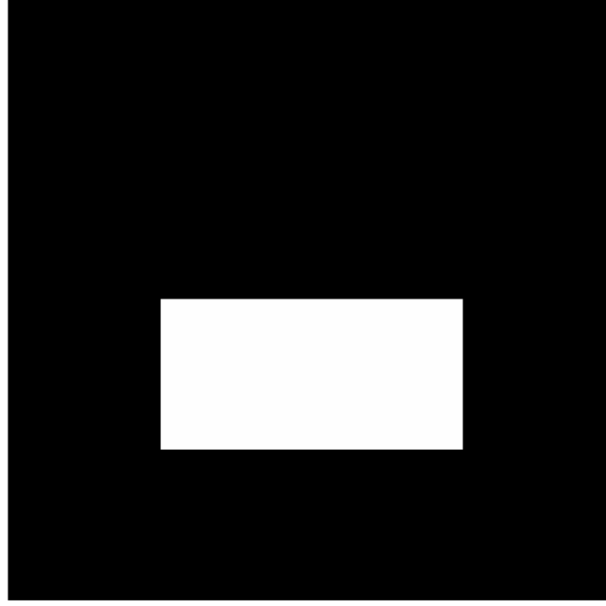
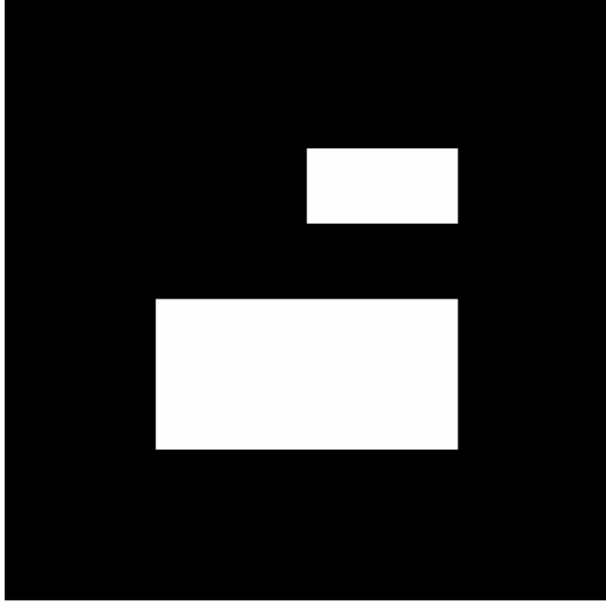
Acercar a cámara para ver solución

N-4.2.

Ejemplo

ACERCAR A CÁMARA PARA VER SOLUCIÓN.

N-4.2.
Ejemplo



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

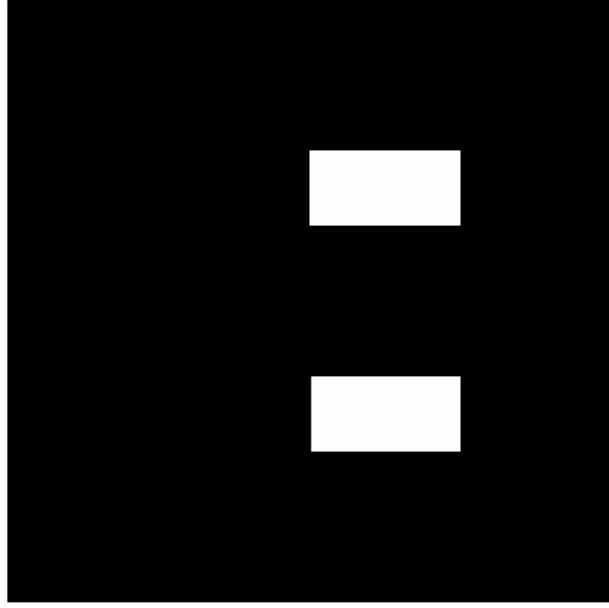
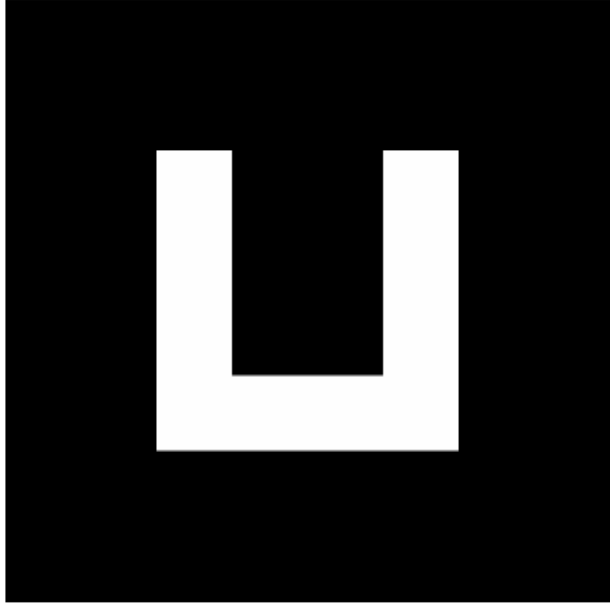
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

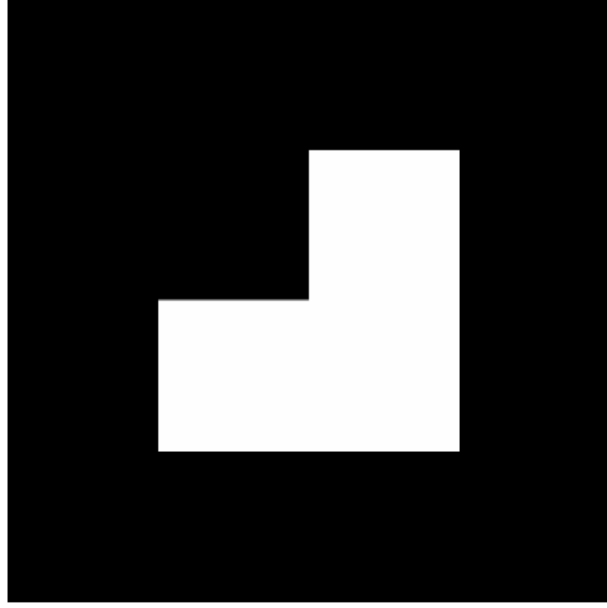
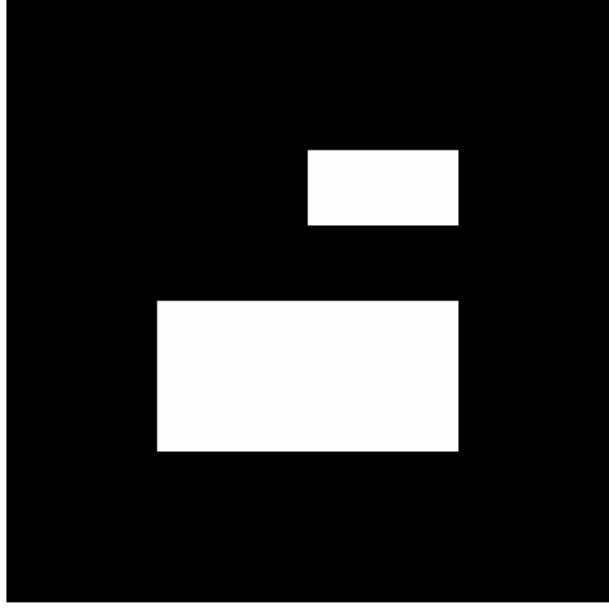
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

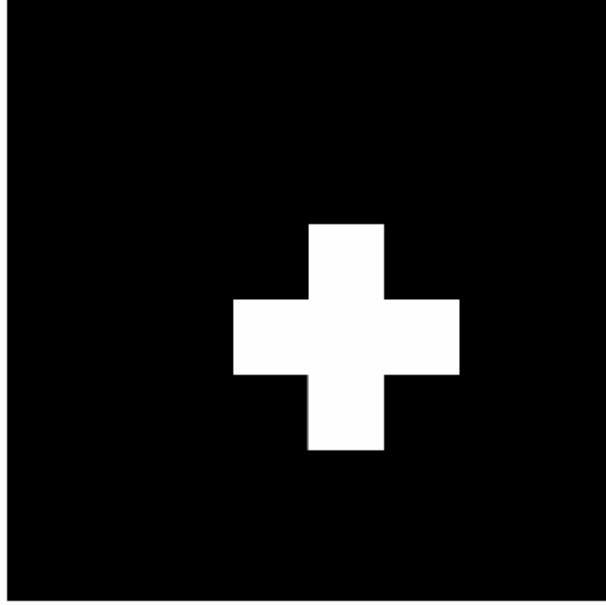
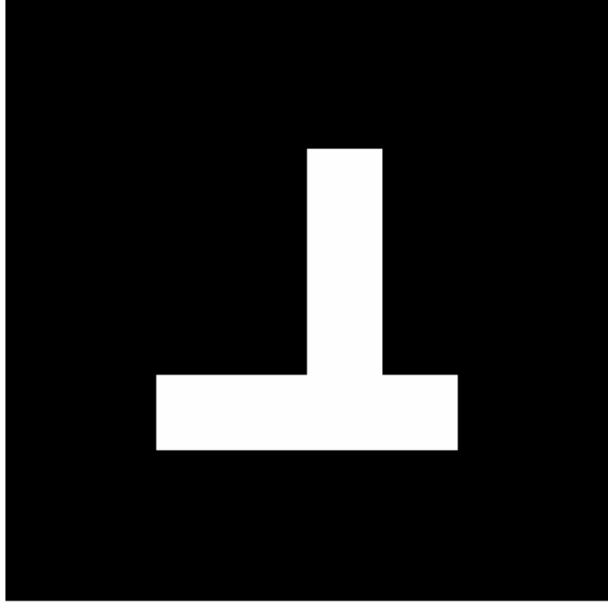
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

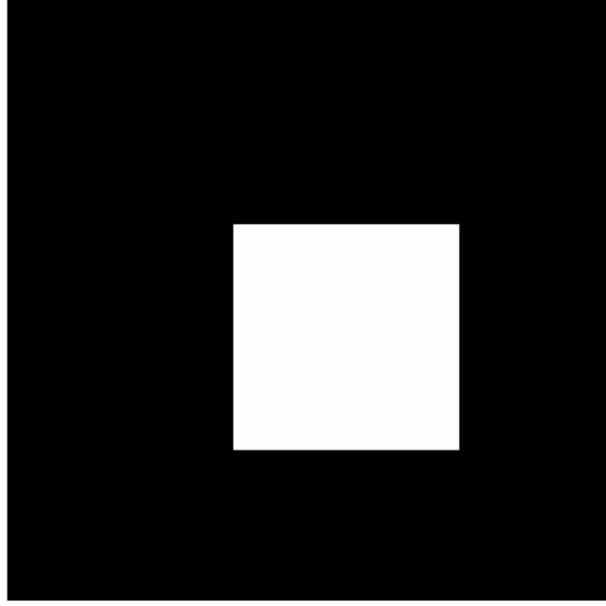
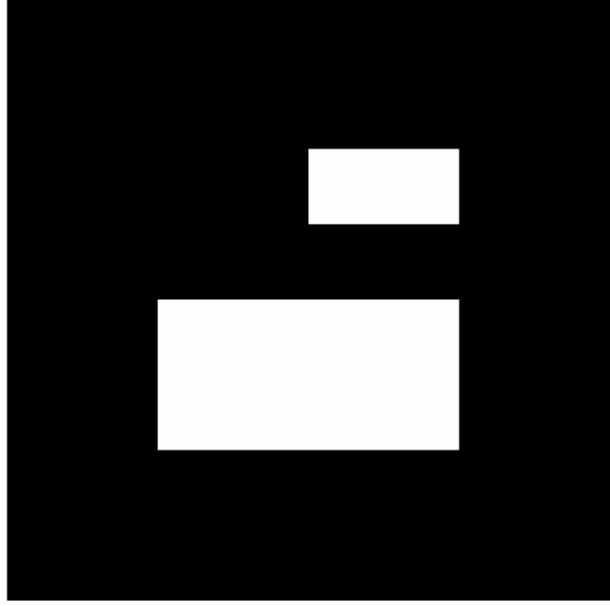
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

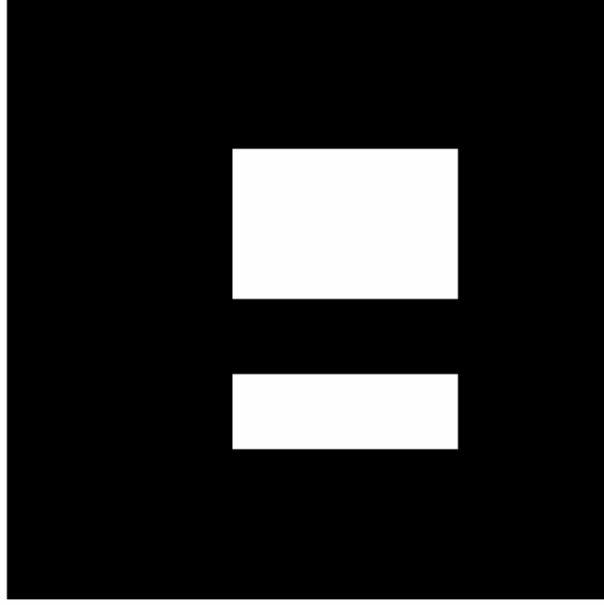
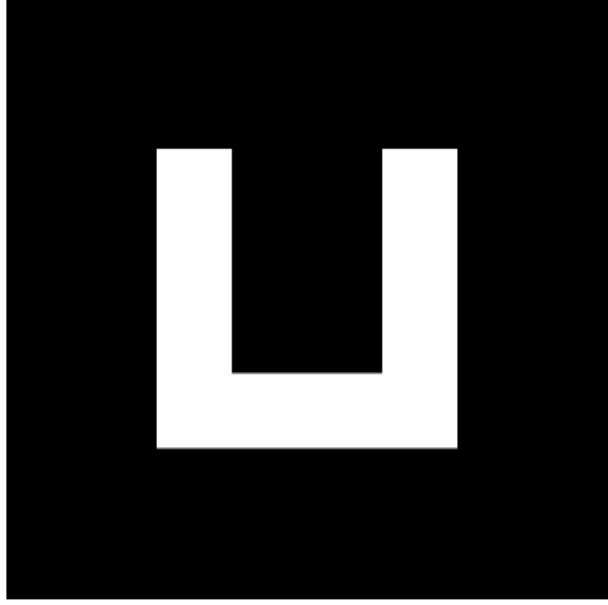
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

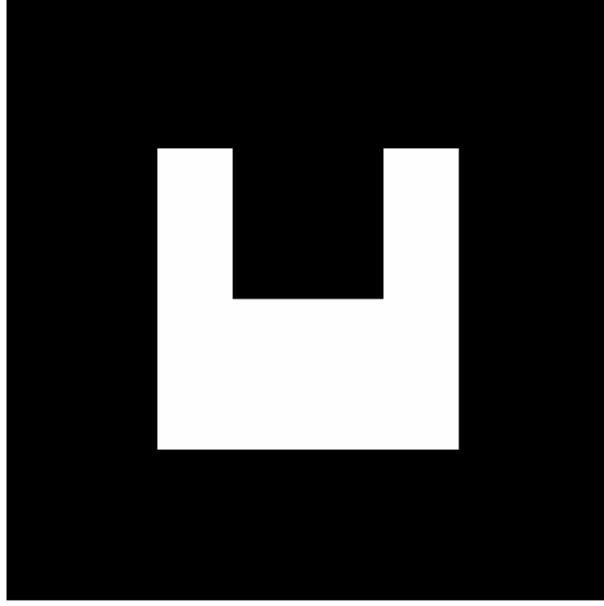
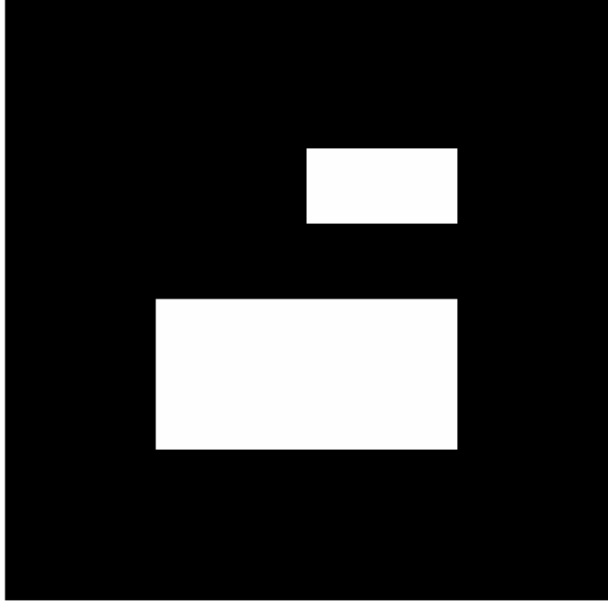
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

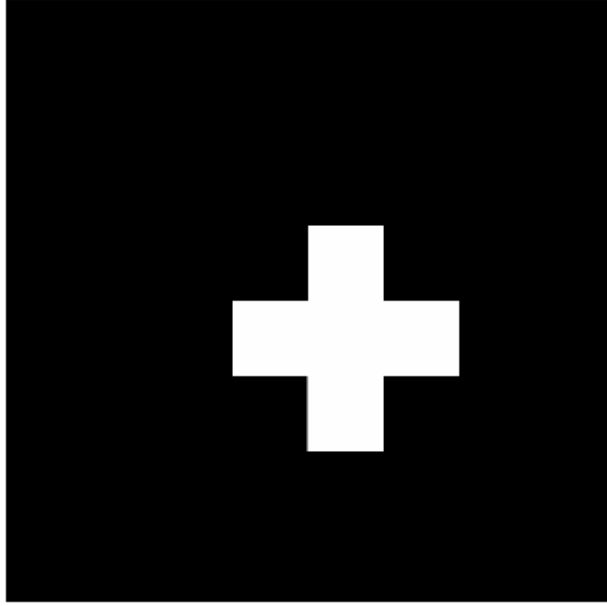
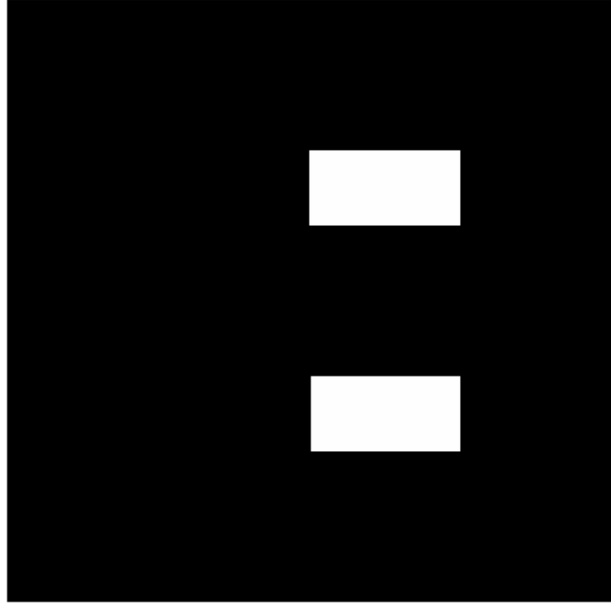
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

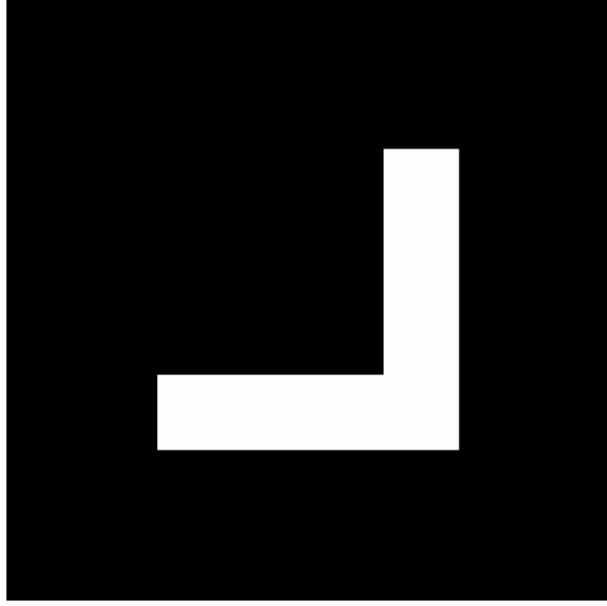
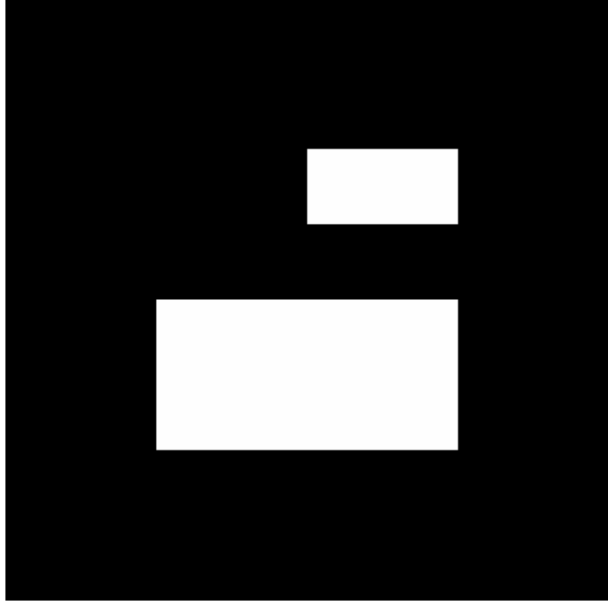
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 4.2. OBTENCION DE VISTAS

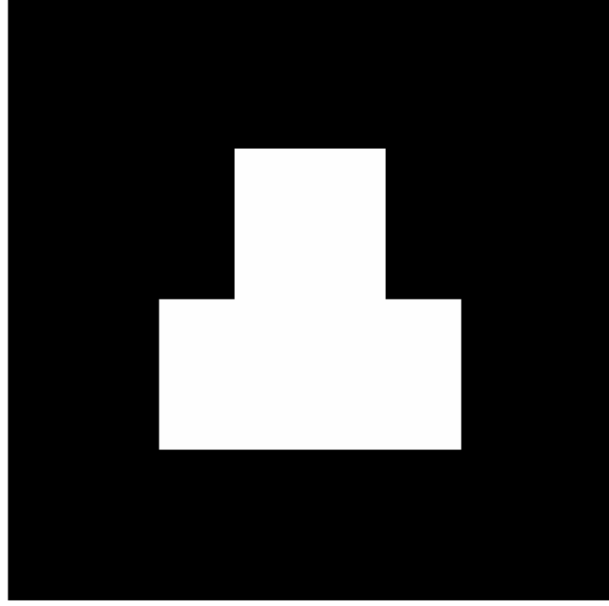
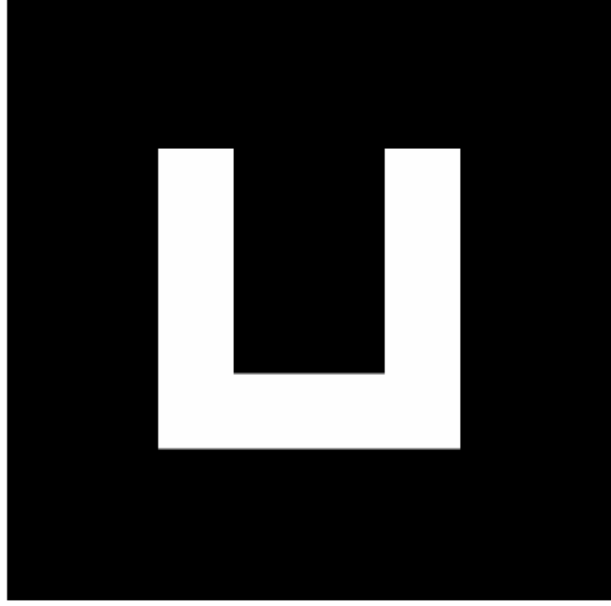
SINTESIS

Dibujar a mano alzada (croquis) las vistas del modelo tridimensional propuesto.

Alzado

Perfil

Planta



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

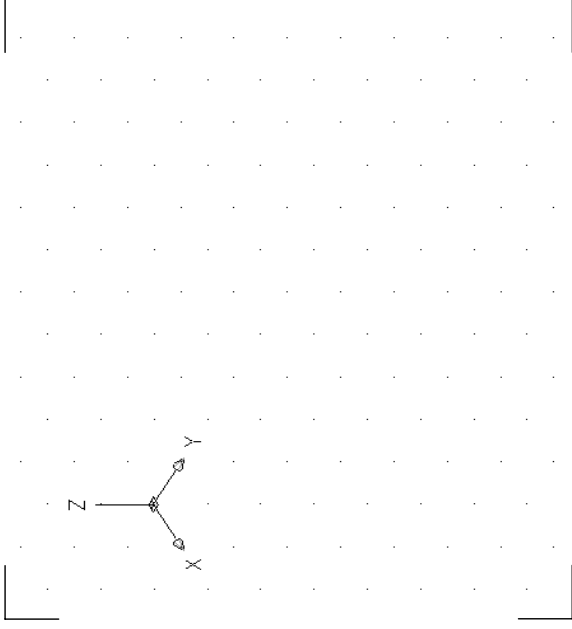
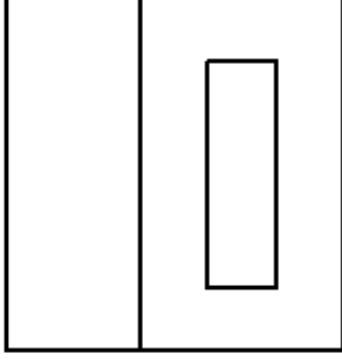
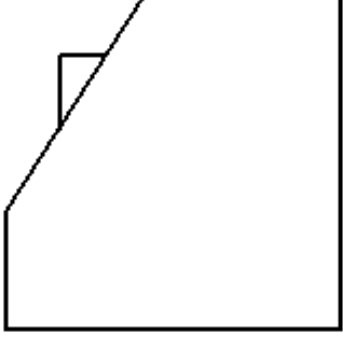
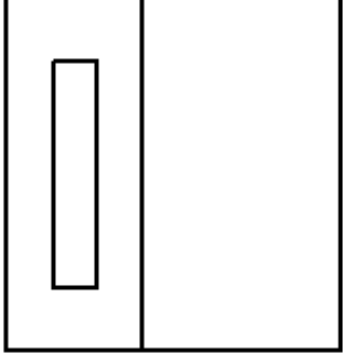
EVALUACIÓN



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

EVALUACIÓN

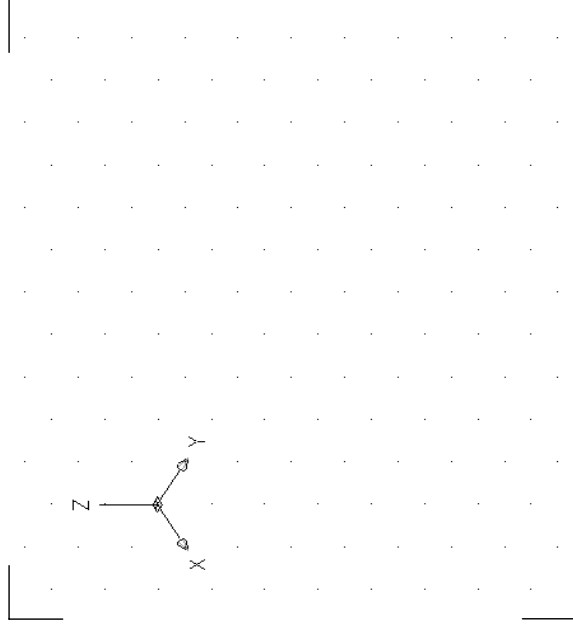
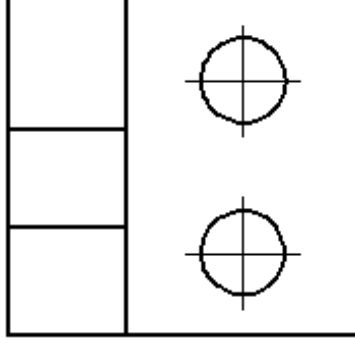
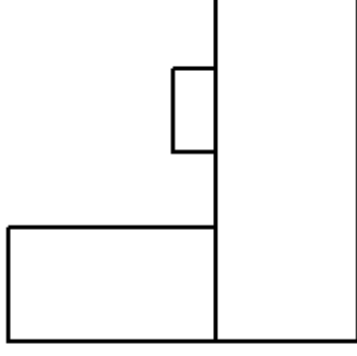
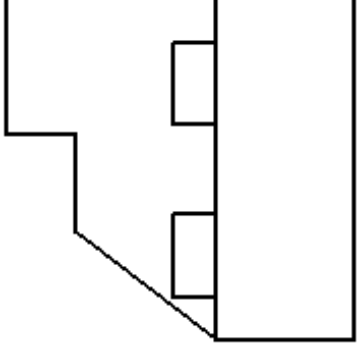
Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

EVALUACIÓN

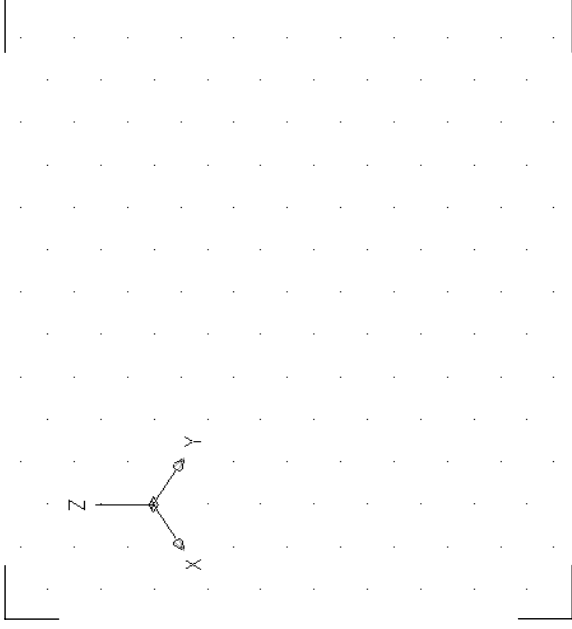
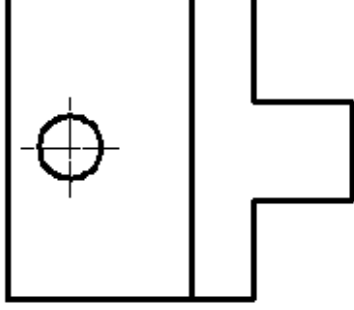
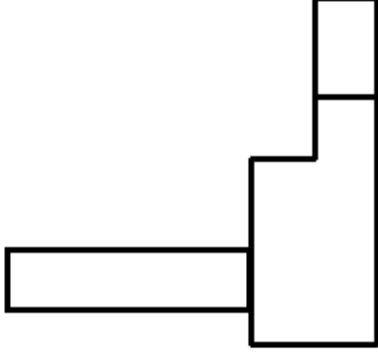
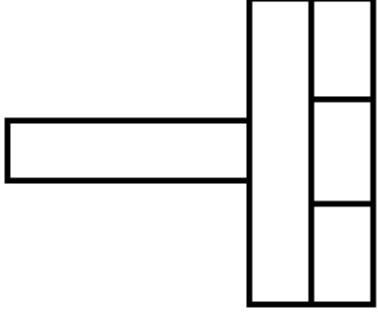
Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

EVALUACIÓN

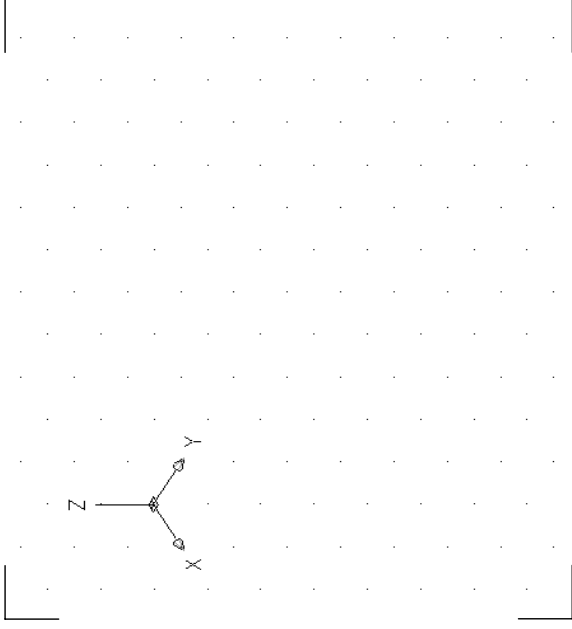
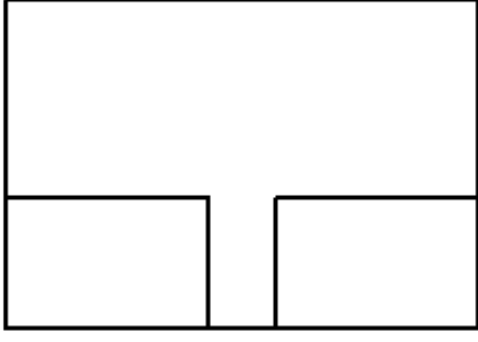
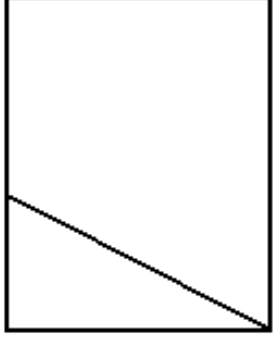
Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

EVALUACIÓN

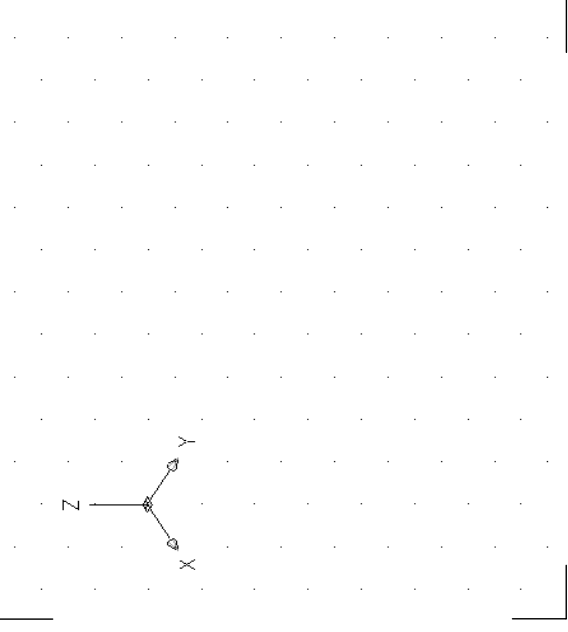
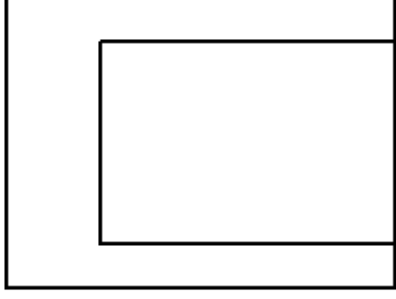
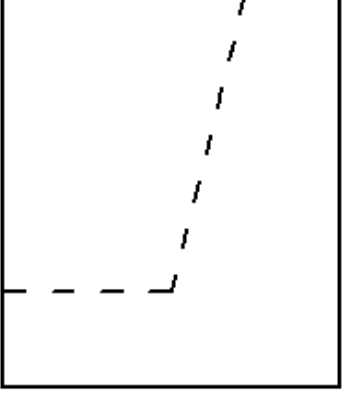
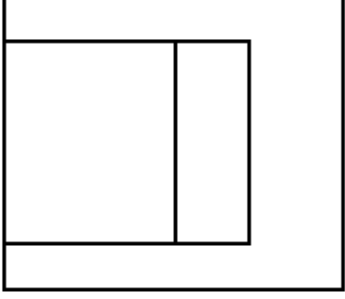
Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

EVALUACIÓN

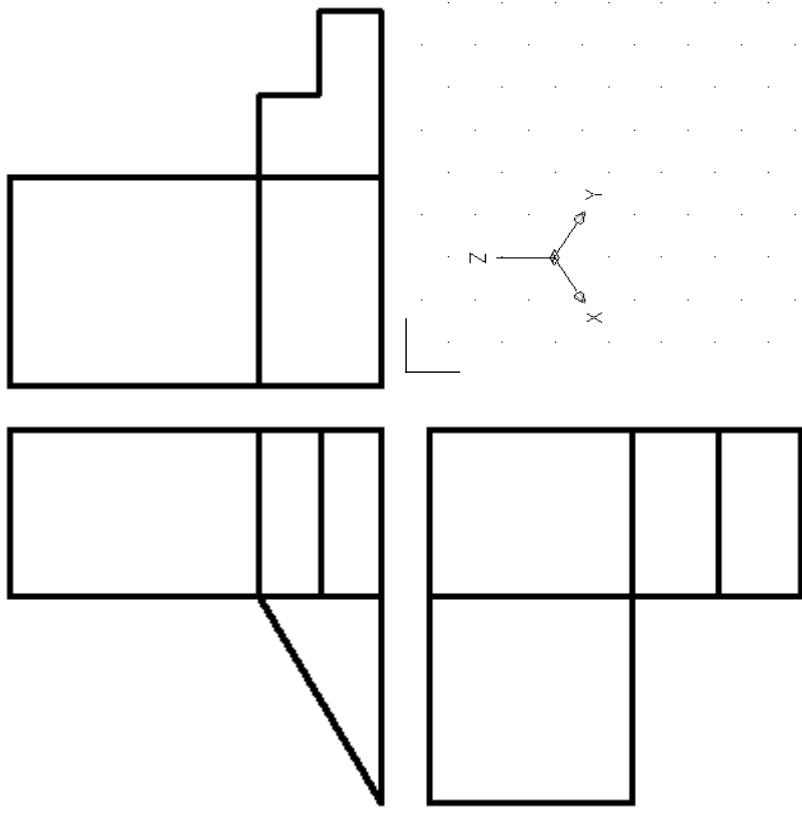
Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

EVALUACIÓN

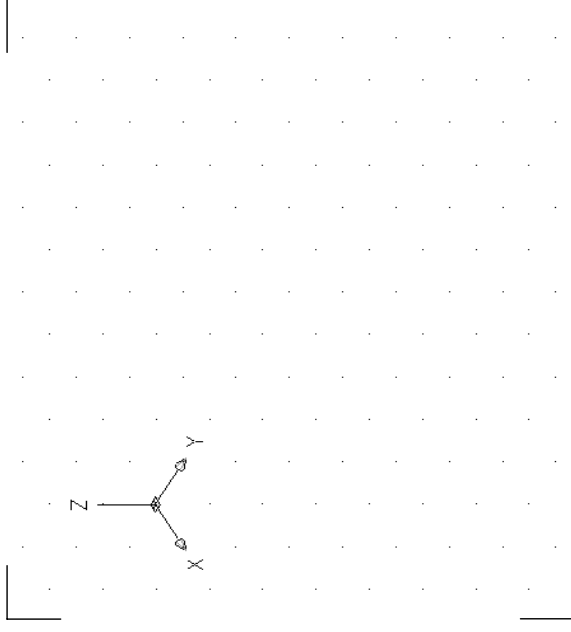
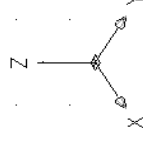
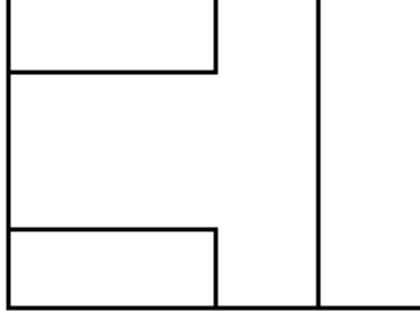
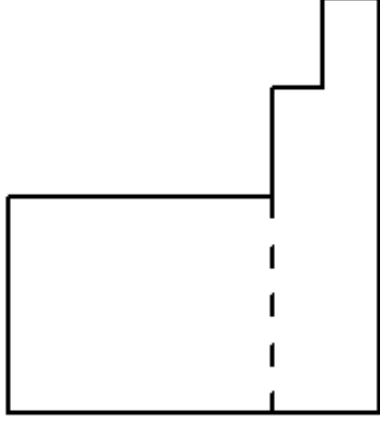
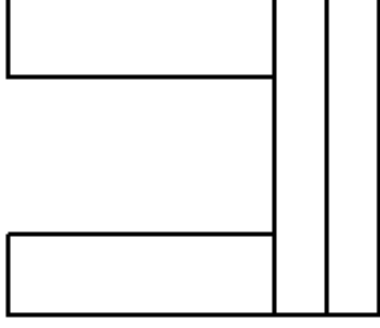
Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



NIVEL 5. OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

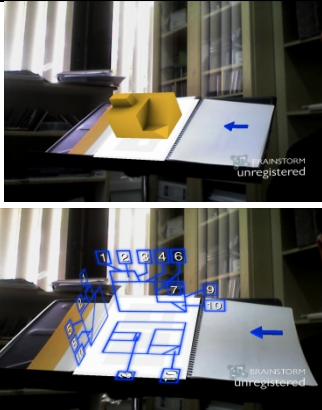
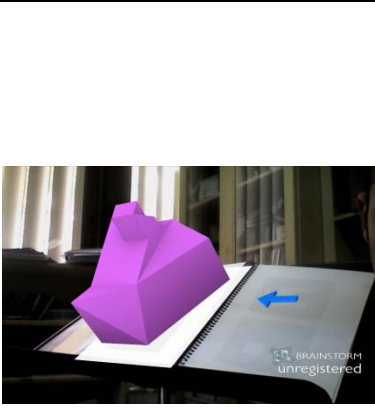
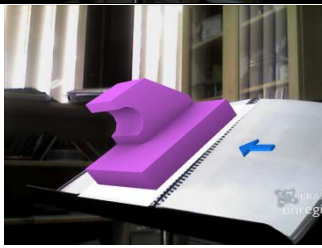
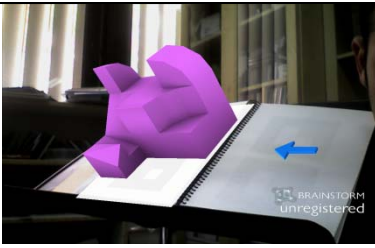
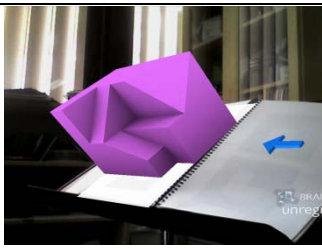
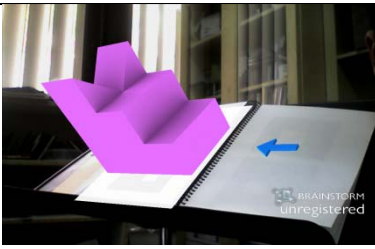
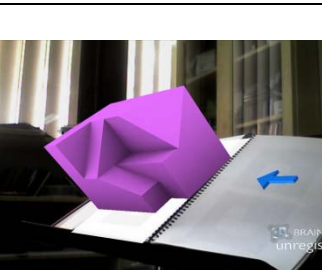
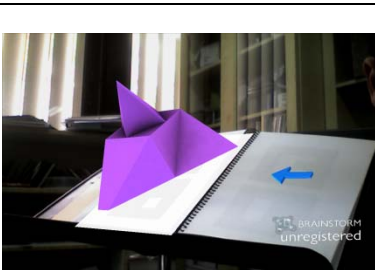
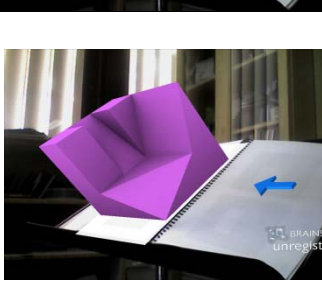
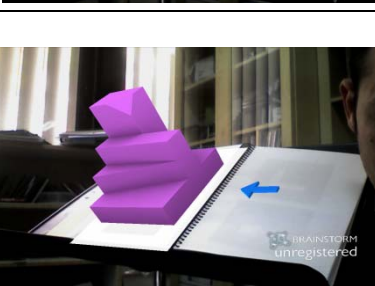
EVALUACIÓN

Dibujar a mano alzada (croquis) la perspectiva de las vistas propuestas.



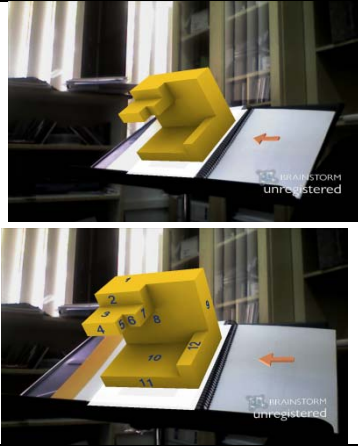
Imágenes de los modelos virtuales.

NIVEL 1.1

1.10EJ	 <p>The image shows the first step of the origami process. A yellow square paper is laid flat on a white surface. A blue arrow points to the left. A small yellow triangle is being folded. Below the main image is a diagram with numbered steps 1-10, indicating the sequence of folds.</p>	6.10	 <p>The image shows the paper partially folded into a complex shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>
2.10	 <p>The image shows the paper further folded. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>	7.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>
3.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>	8.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>
4.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>	9.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>
5.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>	10.10	 <p>The image shows the paper folded into a more complex, multi-faceted shape. The paper is purple. A blue arrow points to the left.</p>

NIVEL 1.2

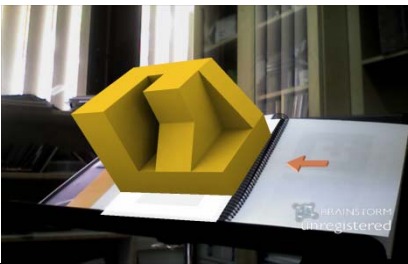
1.10EJ



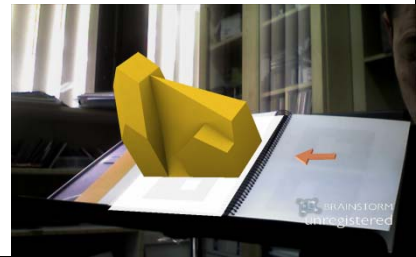
6.10



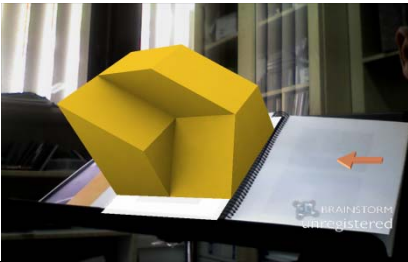
2.10



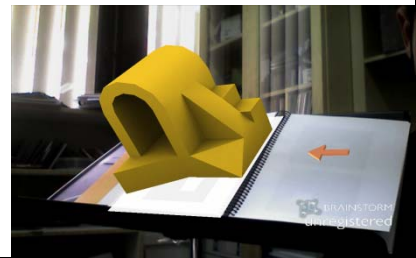
7.10



3.10



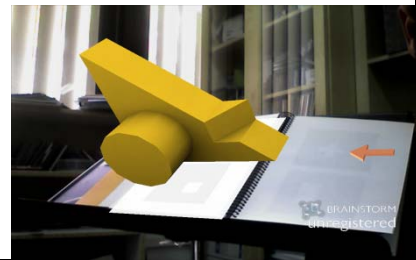
8.10



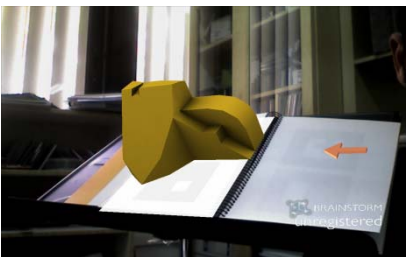
4.10



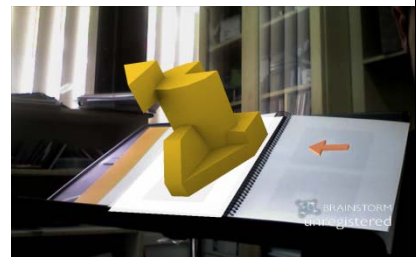
9.10



5.10

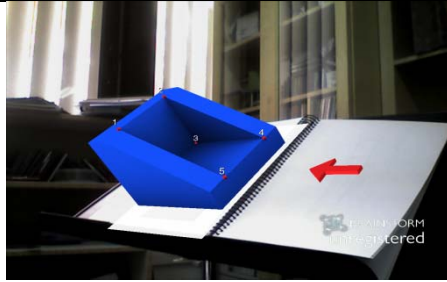


10.10

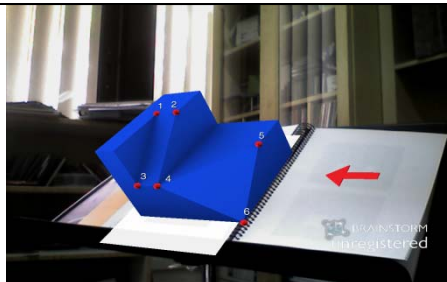


NIVEL 1.3

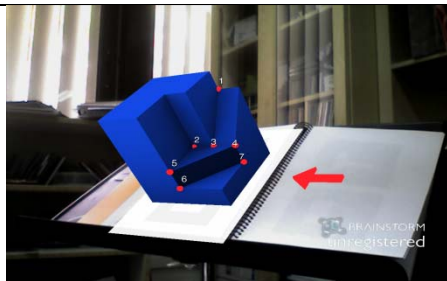
1.6



2.6



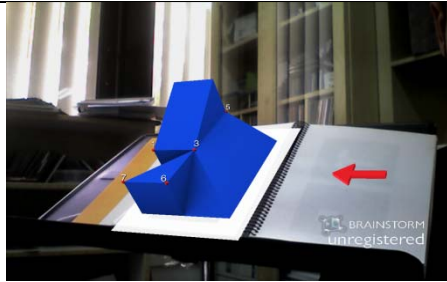
3.6



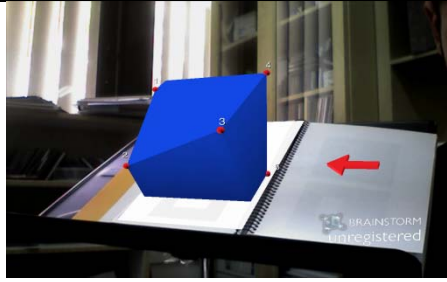
4.6



5.6

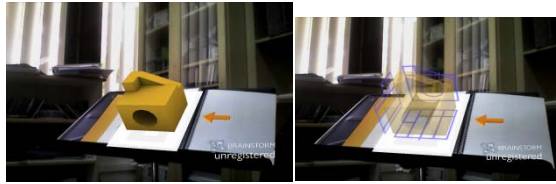


6.6



NIVEL 2.1

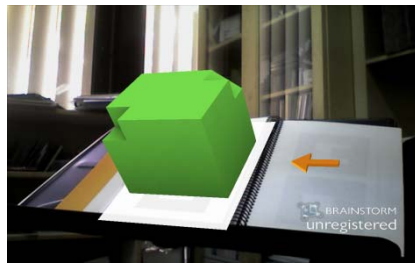
1.12EJ



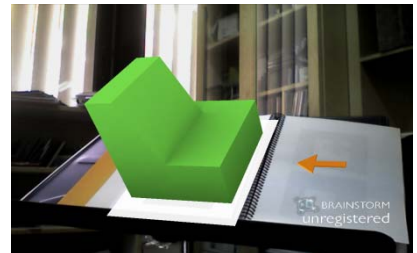
7.12



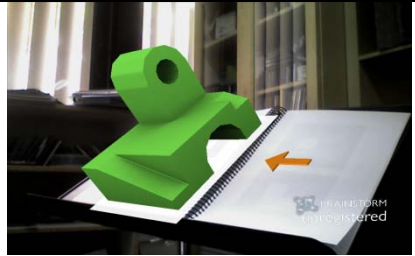
2.12



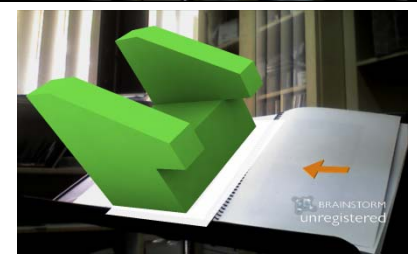
8.12



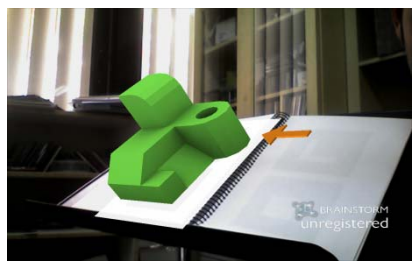
3.12



9.12



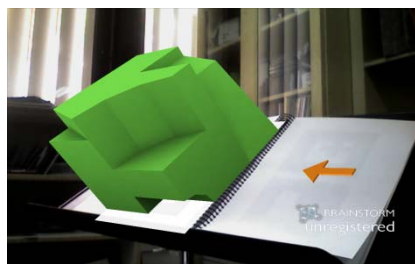
4.12



10.12



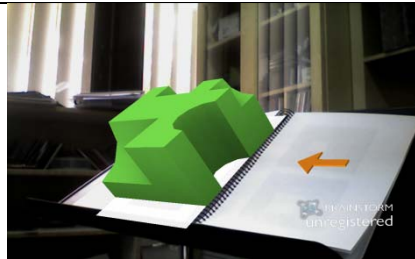
5.12



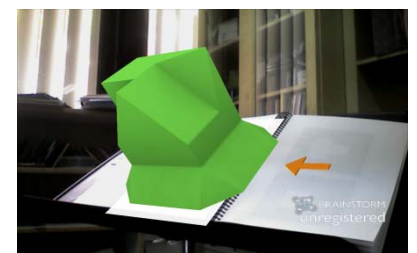
10.11



6.12

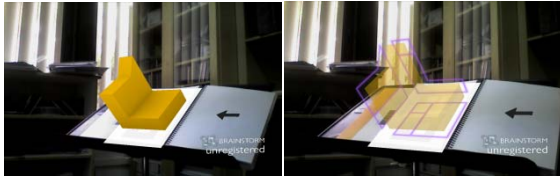


10.12



NIVEL 2.2

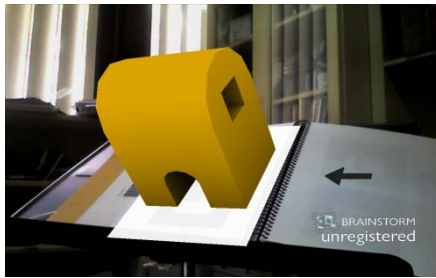
1.15EJ



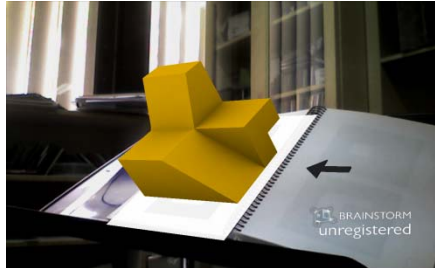
6.15



2.15



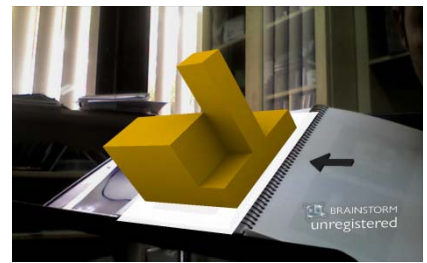
7.15



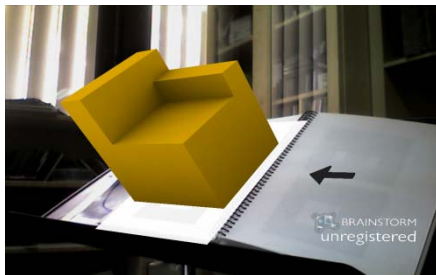
3.15



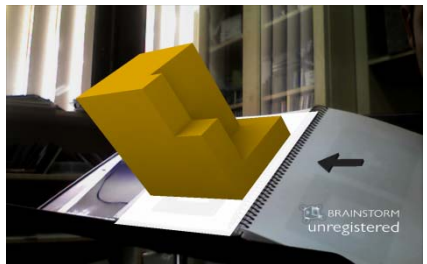
8.15



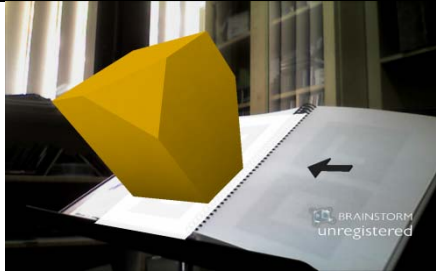
4.15



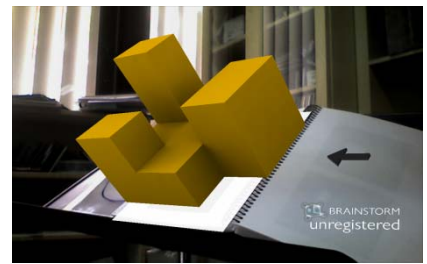
9.15



5.15

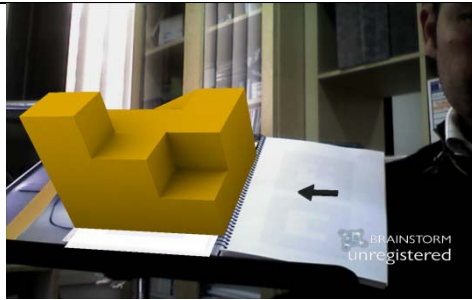


10.15

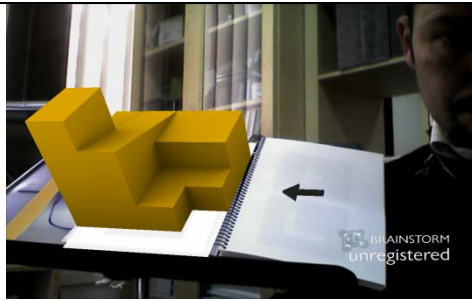


NIVEL 2.2

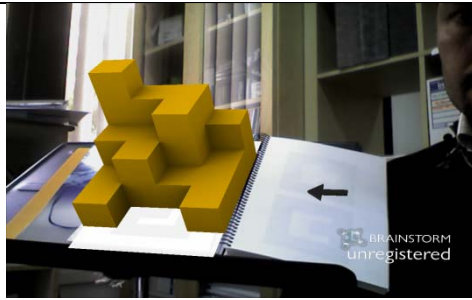
11.15



12.15



13.15



14.15



15.15

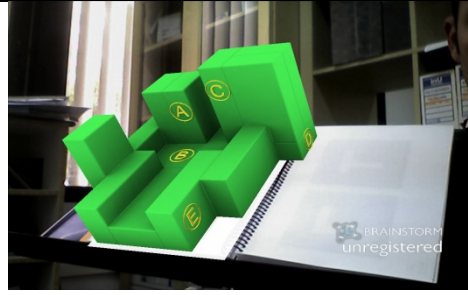


NIVEL 3.1

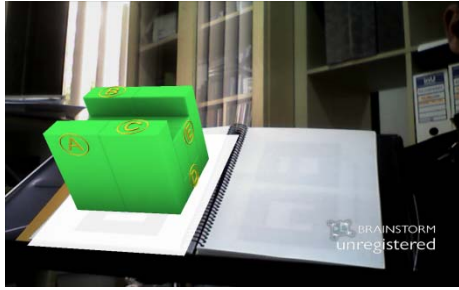
EJ



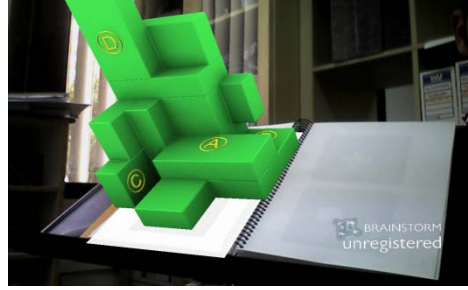
5.8



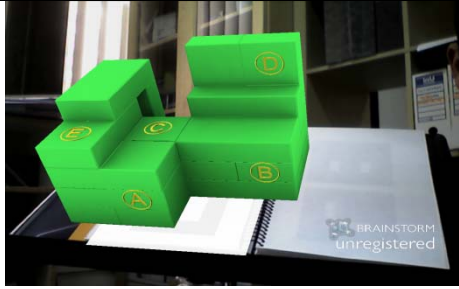
1.8



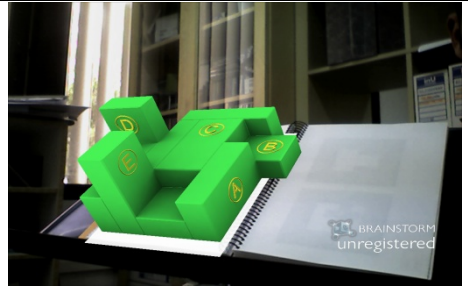
6.8



2.8



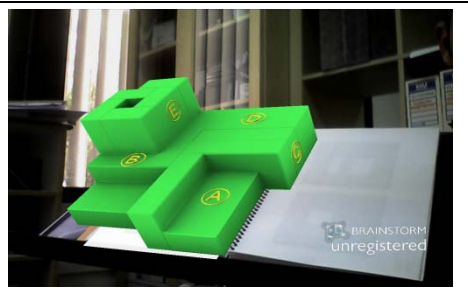
7.8



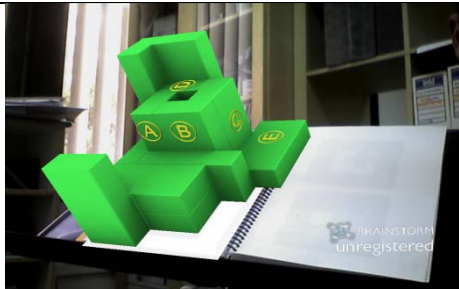
3.8



8.8

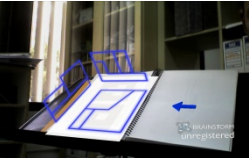
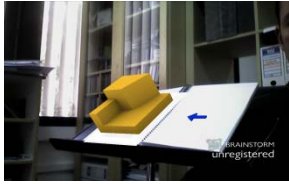


4.8

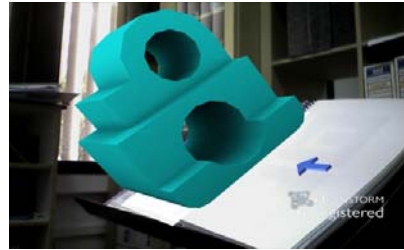


NIVEL 3.2

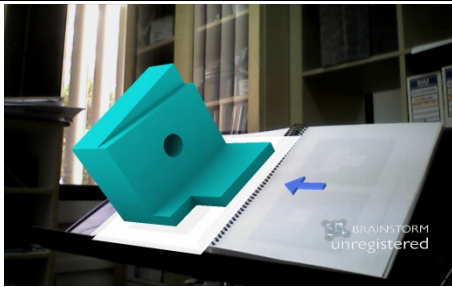
EJ



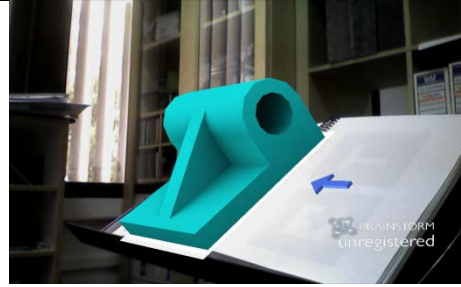
6.10



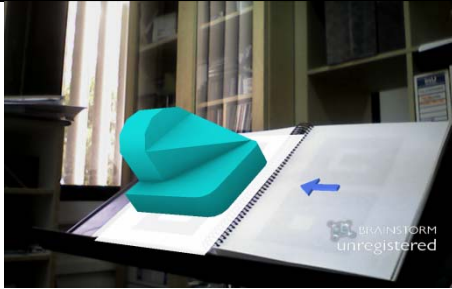
1.10



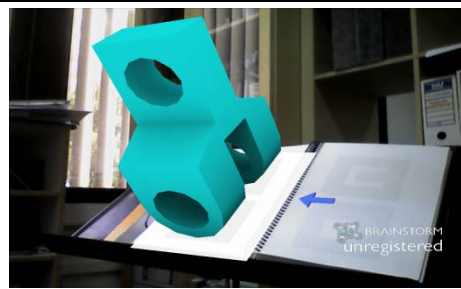
7.10



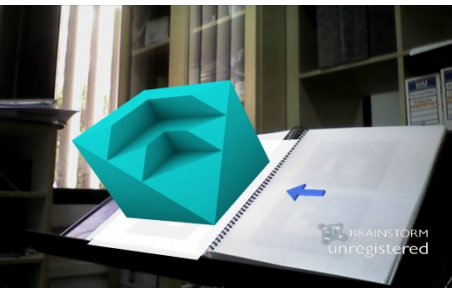
2.10



8.10



3.10



9.10



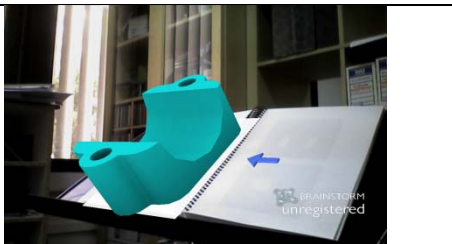
4.10



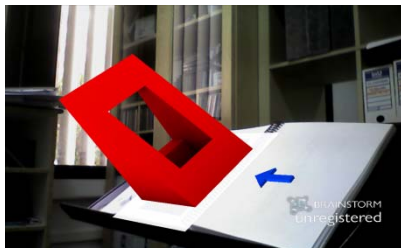
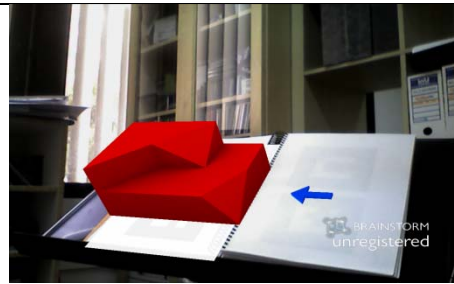

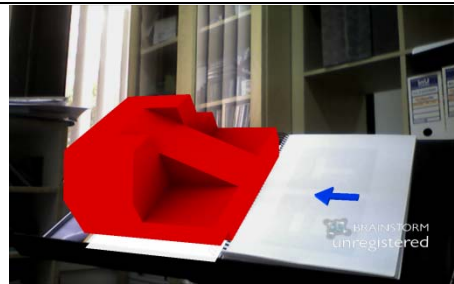
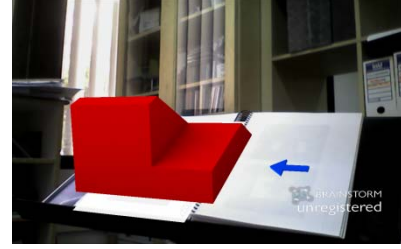
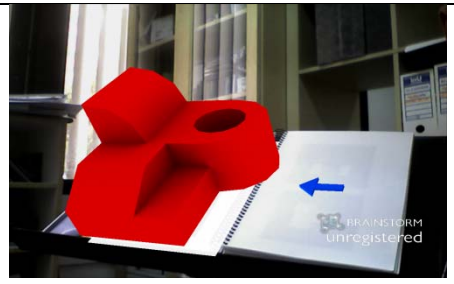

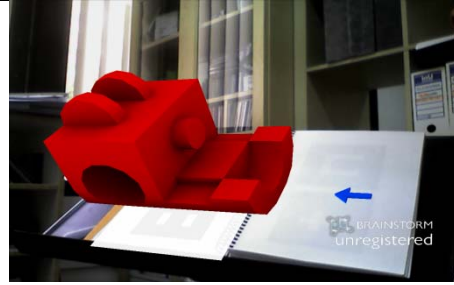
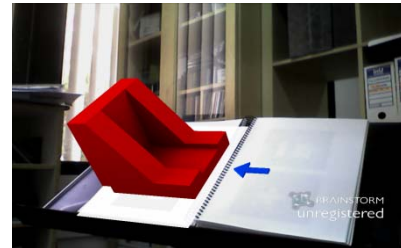
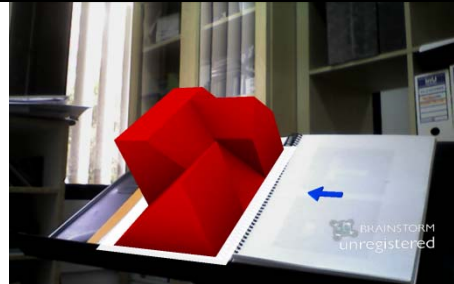
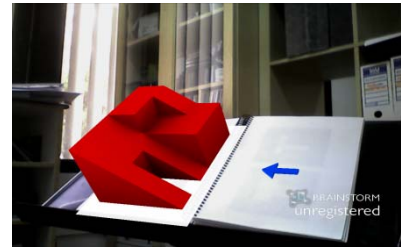
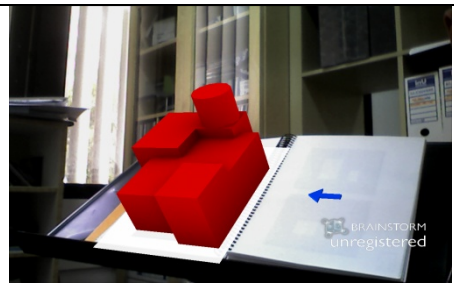
10.10



5.10



NIVEL 4.1

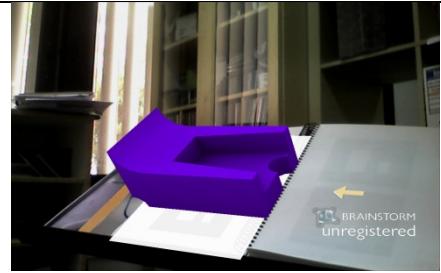
EJ	 A 3D red model of a square ring is positioned on an open notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner of the image.	6.11	 A 3D red model of a house-like shape with a flat top and a rectangular base is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.
1.11	 A 3D red model of a cube is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.	7.11	 A 3D red model of a complex shape with multiple rectangular faces is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.
2.11	 A 3D red model of a stepped block is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.	8.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces and a circular hole is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.
3.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.	9.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces and a circular hole is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.
4.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.	10.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.
5.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.	11.11	 A 3D red model of a complex shape with several rectangular faces is on a notebook. A blue arrow points to the right, and a watermark 'BRAINSTORM unregistered' is visible in the bottom right corner.

NIVEL 4.2

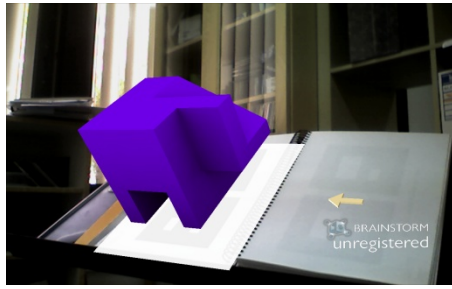
EJ



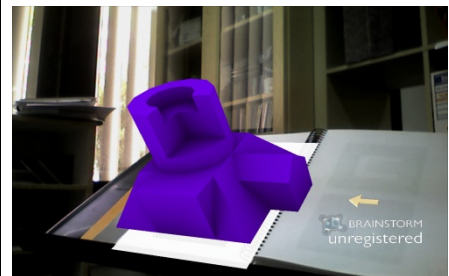
5.9



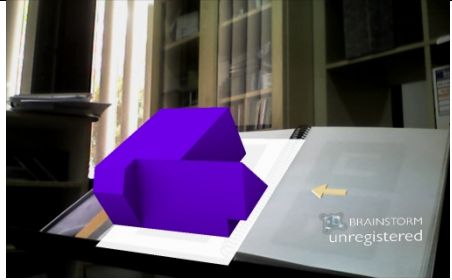
1.9



6.9



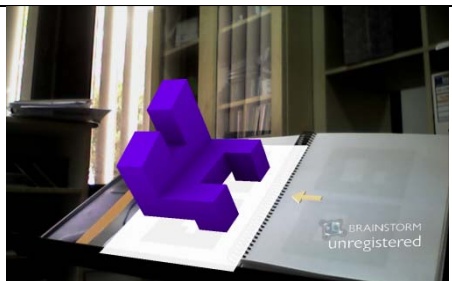
2.9



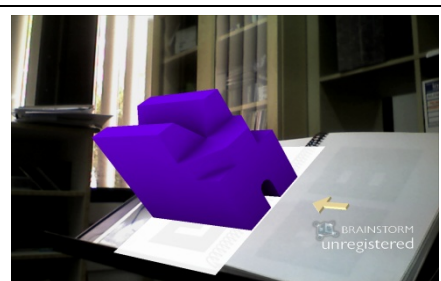
7.9



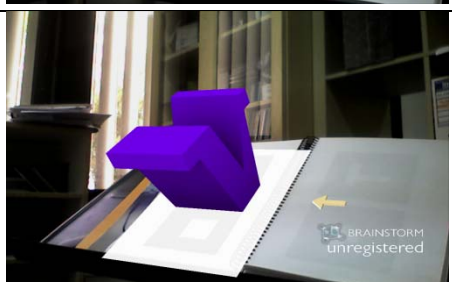
3.9



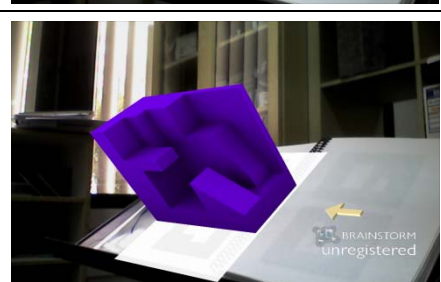
8.9



4.9

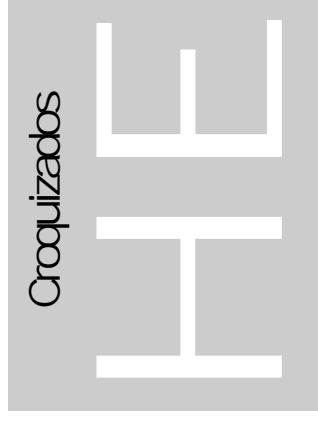


9.9



ANEXO 3

Material didáctico del curso basado en croquización de ejercicios tradicionales de
Expresión Gráfica.



CURSO PARA MEJORA DE HABILIDADES ESPACIALES.

PERSPECTIVAS Y VISTAS NORMALIZADAS MEDIANTE CROQUIS.

Guía de aprendizaje para el Alumno

PERSPECTIVAS Y VISTAS NORMALIZADAS MEDIANTE CROQUIS

Guía del alumno

© Jorge Martín
Av. Ángel Guimerá Jorge s/n • La Laguna
Teléfono (922) 31 80 15

Tabla de contenido

Presentación del Curso	I	
CAPÍTULO 1 . CONSIDERACIONES TEÓRICAS		
Introducción	1	
Descripción de la forma.	2	
Técnicas de Croquizado	4	
Croquis de seis vistas	6	
Croquis de tres vistas	7	
Características circulares	10	
Croquizado Perspectivas isométricas	12	
Vistas Normalizadas	15	
CAPÍTULO 2 . ENTRENAMIENTO CROQUIZADO		
Ejercicios. Identificación de superficies.	20	
Ejercicios. Obtención de vistas	22	
Ejercicios. Obtención de perspectivas	25	
Ejercicio. Completar líneas omitidas.	27	
CAPÍTULO 3 . ENTRENAMIENTO EN HABILIDADES ESPACIALES . NIVEL BASICO		
Obtener vistas	28	
Obtener perspectiva	35	
Dibujar la tercera vista propuesta	38	
CAPÍTULO 4 . ENTRENAMIENTO EN HABILIDADES ESPACIALES . NIVEL INTERMEDIO		
Obtener Vistas	40	
Obtener perspectiva	44	
Obtener la tercera vista propuesta.	46	
Representación por vistas mínimas	51	
CAPÍTULO 5 . ENTRENAMIENTO EN HABILIDADES ESPACIALES . NIVEL AVANZADO		
Obtener vistas	54	
Obtener perspectiva	58	
Obtener vistas, rotando la perspectiva	59	
Obtener vistas	60	
Obtener vistas, rotando la perspectiva	62	
Obtener perspectiva	63	
Relacionar vistas con perspectivas	65	

CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

INTRODUCCIÓN

El croquizado es un método rápido, a mano alzada y a lápiz, para dibujar sin usar instrumentos de dibujo. El croquizado también constituye un proceso de pensamiento, un método de comunicación, de hecho los ingenieros y diseñadores en la primera fase de conceptualización de un producto recurren a la realización de croquis en los que expresan a grandes rasgos las ideas preliminares, formas, dimensiones de lo que quieren crear.

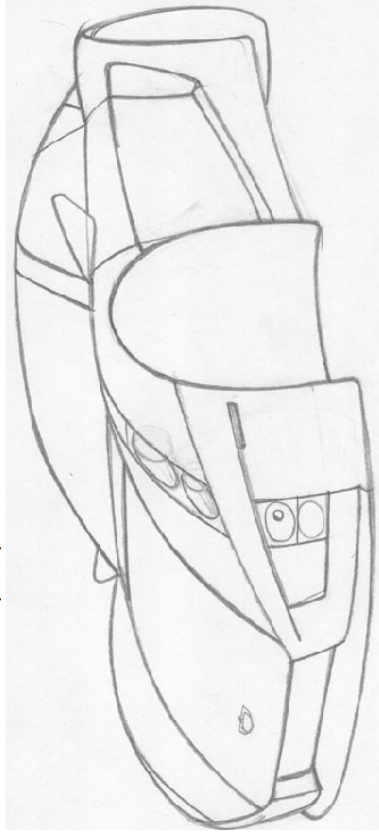


Fig. 1. Croquis a mano alzada, como forma de desarrollar conceptos.

El croquizado también facilita la comunicación cuando aparecen problemas "in situ".

La habilidad para comunicarse por cualquier método es una gran ventaja, y el croquizado es una de las mejores maneras para transmitir ideas. Es muy normal que los ingenieros croquizen a la vez

que dan explicaciones a los diseñadores y proyectistas con los que comparte su trabajo.

La perfección del croquizado depende de la práctica que se tenga. Los croquis realizados con rapidez requieren explicaciones complementarias, en caso que el croquis requiera aportar información precisa y cuidada, éste debe elaborarse con detalle. Para facilitar la realización del croquis, y obtener una muy buena representación se puede utilizar papel milimetrado o de rejilla isométrica, para respetar lo mejor posible las proporciones. En cualquier caso, se puede realizar el croquis el papel sin marcas milimetradas.

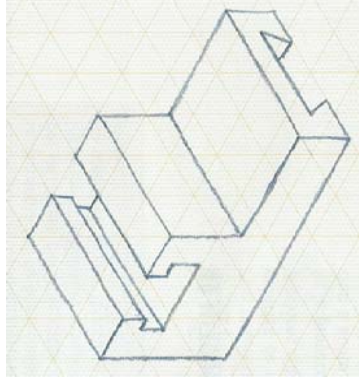


Fig. 2. Ejemplo de piezas croquizadas.

DESCRIPCIÓN DE LA FORMA

La pieza que se muestra en la figura 3 es una pieza tridimensional simple, y describirla con palabras supondría un esfuerzo difícil.

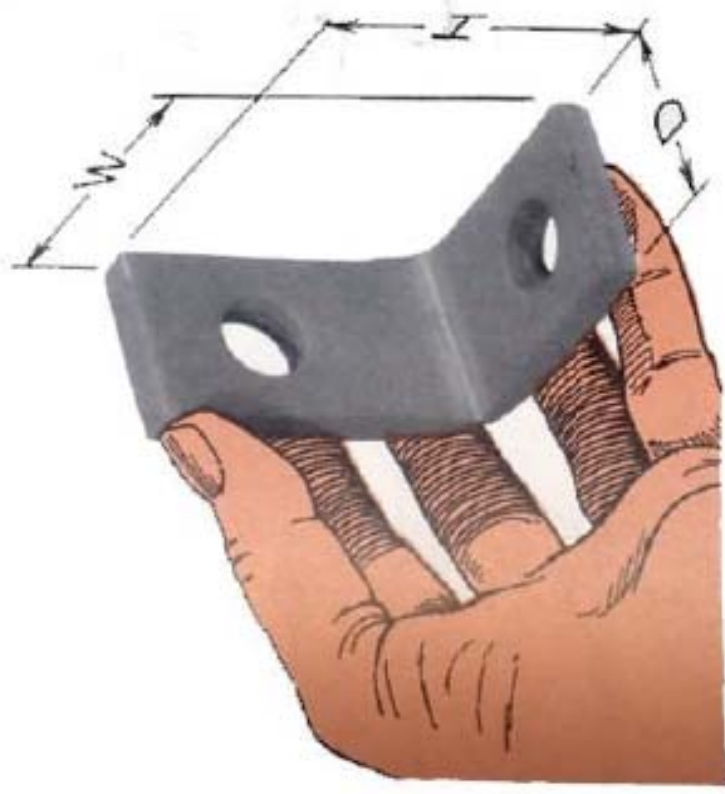


Fig. 3. Pieza tridimensional
Para dibujar esta pieza en perspectiva tridimensional constituye un verdadero desafío para las personas poco familiarizadas con el dibujo.

Para hacer el diseño, de piezas y otros objetos, más sencillo, los ingenieros han concebido un Sistema Normalizado, llamado

Proyección Ortográfica o Diédrica, que muestra los objetos mediante diferentes vistas.

En la Proyección Ortográfica, las diferentes vistas representan el objeto cuando es observado por un observador de forma perpendicular a la pieza, mirándolo desde el frente (alzado) de la pieza, desde arriba (planta) de la pieza como si fuera a vista de pájaro, y mirando desde la derecha (perfil) de la pieza. Ver figura 4.

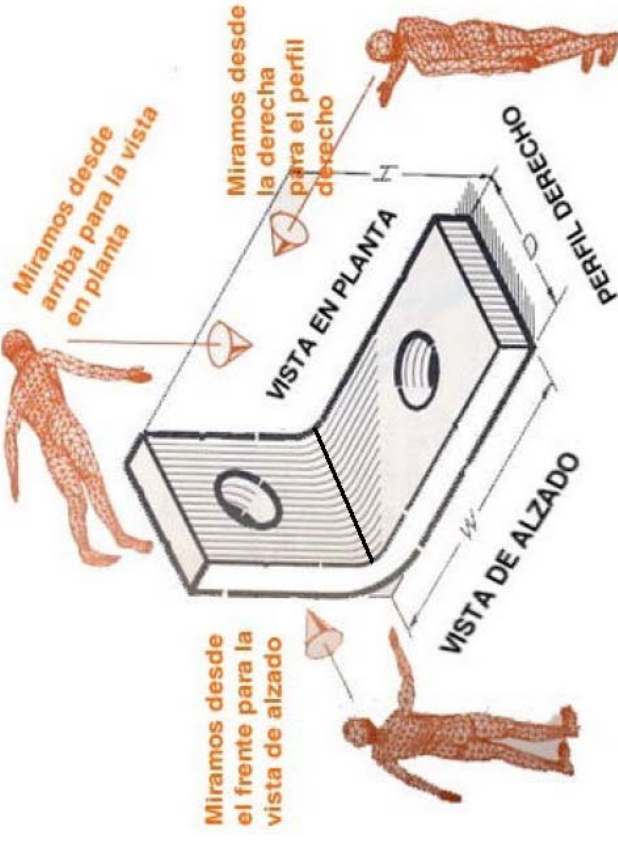


Fig. 4. proyección ortográfica.

Aunque no está marcado en la figura anterior, el observador, también podría observar desde otras tres vistas (perfil izquierdo, planta inferior y alzado posterior).

La forma de representar estas vistas es la siguiente:

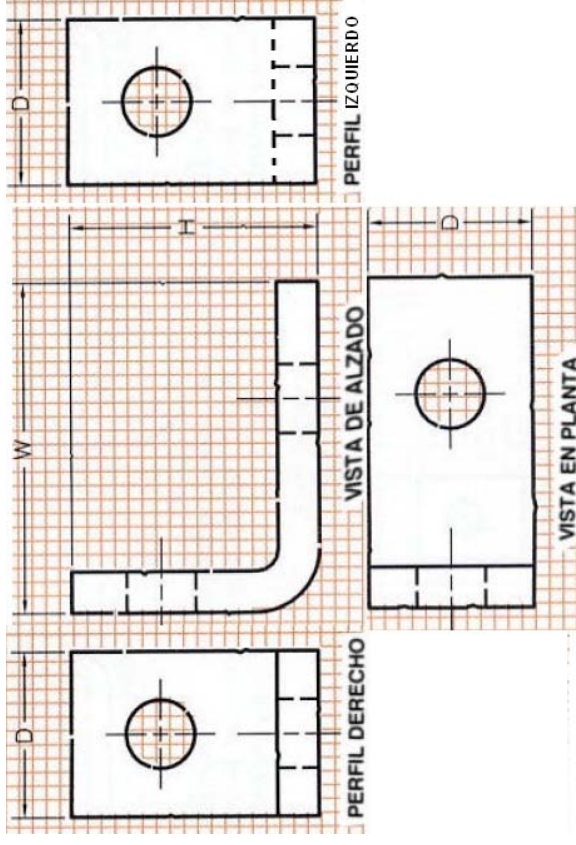


Fig. 4. Distribución normalizada de las vistas ortográficas.

La vista frontal (alzado) y vista en planta tienen la misma anchura. En cambio las vistas de perfil derecho e izquierdo, tienen la misma altura que vista de alzado y el mismo ancho que vista de planta. Normalmente representaremos tres vistas, ya que son más que suficientes para definir la pieza, y estas piezas serán: alzado, planta y perfil izquierdo o perfil derecho, pero siempre cumplirán la distribución que se muestra en la figura 4.

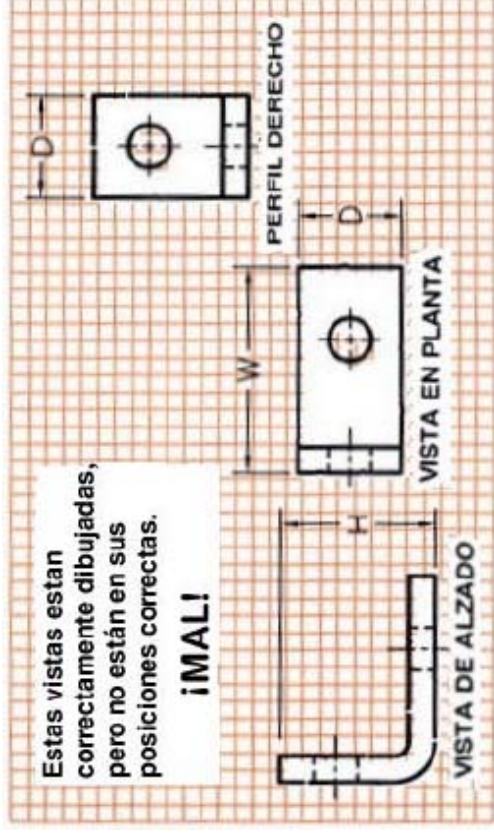


Fig. 5. Representación correcta, pero MAL distribuidas.

TECNICAS DE CROQUIZADO

Para realizar el croquis hay que tener en cuenta los tipos de líneas que se utilizarán en el croquizado de vistas ortográficas, para que la representación sea lo más clara posible y la comunicación de lo que queremos transmitir sea fácilmente interpretable. Los tipos de líneas para croquizar se presentan en la Fig. 6

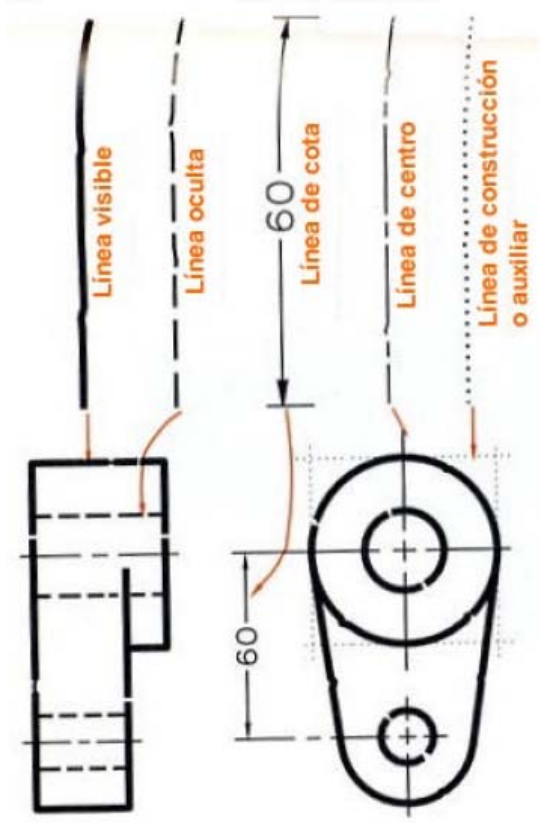


Fig. 6 Tipos de líneas de croquizado.

Todas las líneas, excepto las líneas de construcción, o auxiliares, deberán de ser negras y densas. Las líneas de construcción se dibujan muy ligeramente, de modo que no necesiten borrarse al final del dibujo. Las otras líneas se distinguen por su grosor, pero son todas iguales en el tono (negras).

Los lapiceros H o HB son los recomendados para realizar los croquis. Mediante el afilado de la punta del lápiz o de la presión que se realice

para crear la línea, podremos obtener líneas gruesas, medias, finas o muy finas.

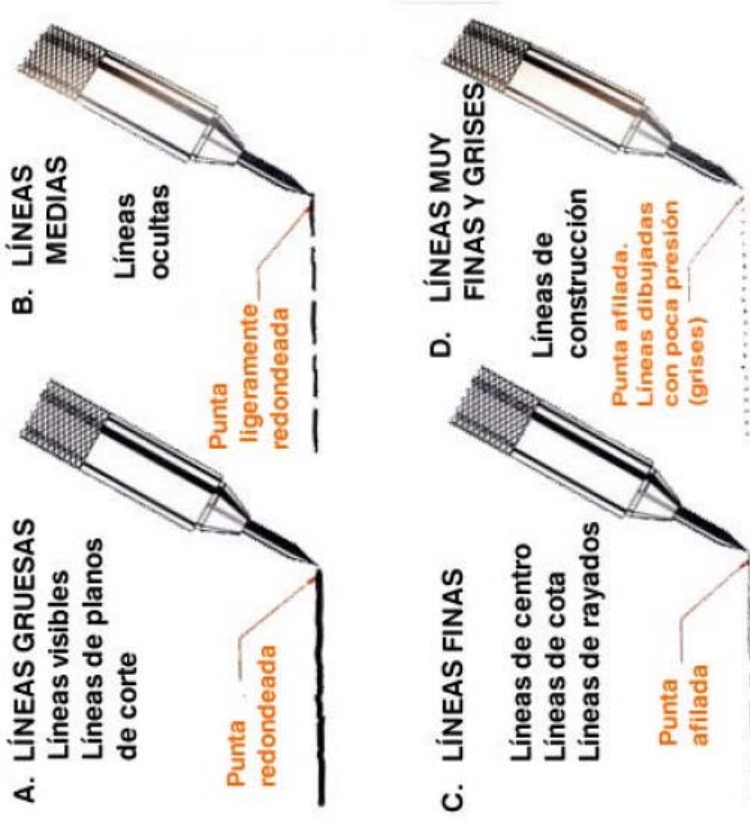


Fig. 7 Realización de líneas de croquizado.

Utilizando papel cuadrículado preimpreso o mediante papel vegetal sobre una rejilla cuadrículada podremos facilitar la realización de nuestros croquis y la mejora de nuestra técnica de croquizado (Fig.8)

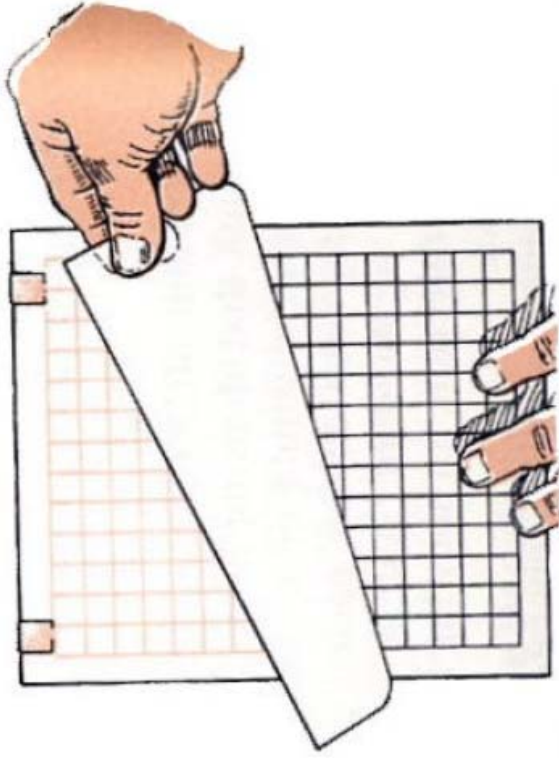


Fig. 8. Papel vegetal sobre cuadrícula.

Cuando dibujamos un croquis, las líneas serán horizontales, verticales, oblicuas y/o circulares.

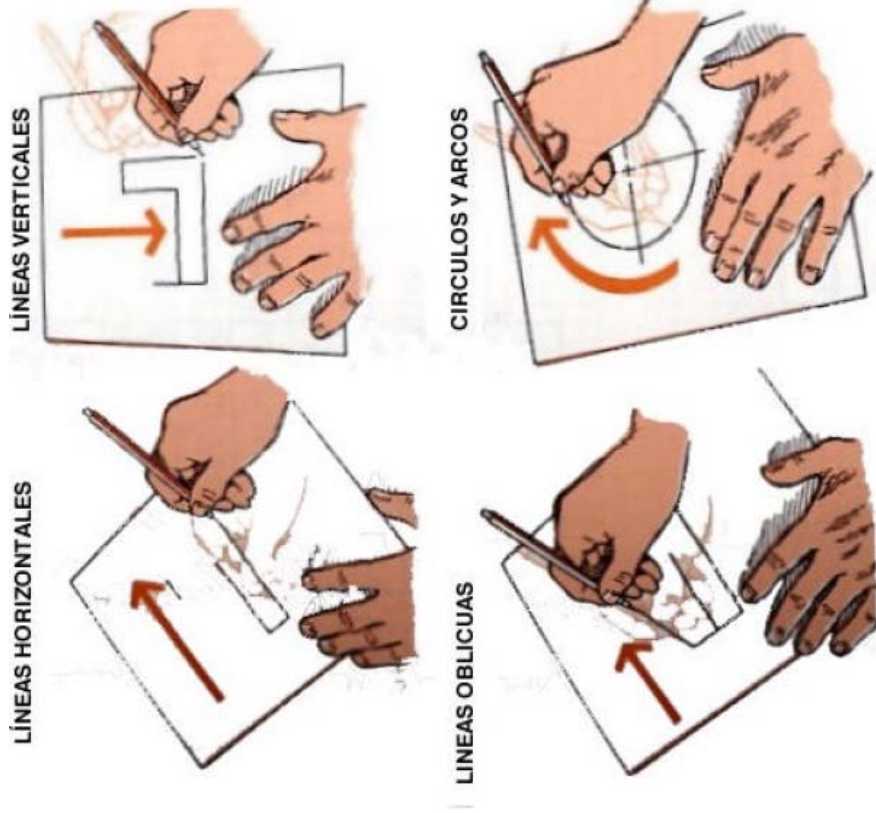


Fig. 10 Croquizado de líneas. Gire el papel para trazar el dibujo con comodidad.

Un ejemplo de un trazado de líneas croquizadas podemos observar en la figura 9.

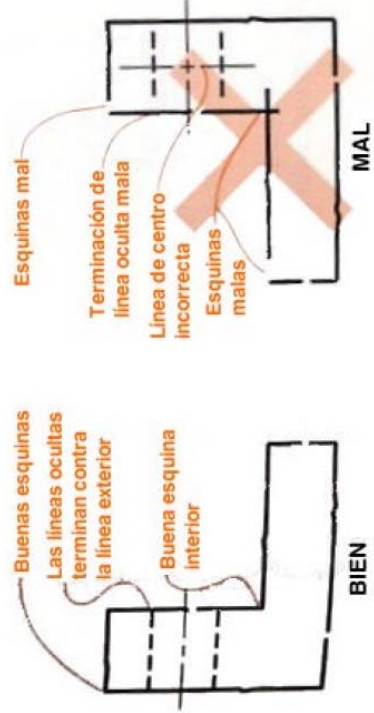


Fig. 9 Técnica correcta de trazado de líneas croquizadas.

CROQUIS DE SEIS VISTAS

El número máximo de vistas principales de una pieza que se pueden dibujar en la Proyección Ortográfica son igual a seis, según la posición del (Fig. 11). En cada vista vemos dos de las tres dimensiones de altura (H), anchura (W) y profundidad (D).

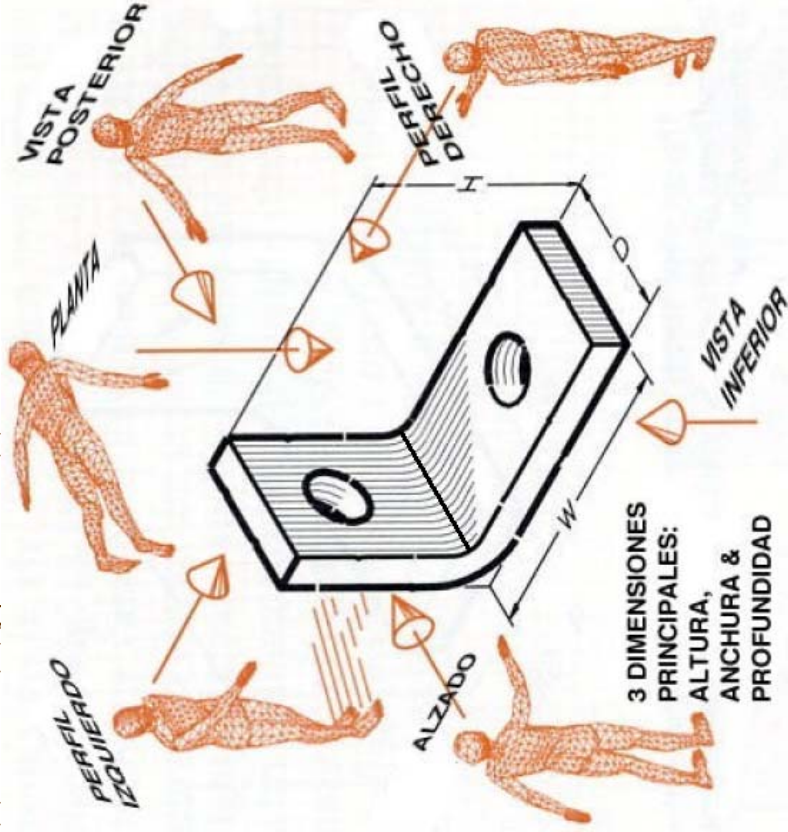


Fig. 11. Seis vistas según la posición del observador.

Estas vistas deben croquizarse en sus posiciones normalizadas

(Fig.12). Rara vez un objeto es tan complejo que requiera sus seis vistas ortográficas.

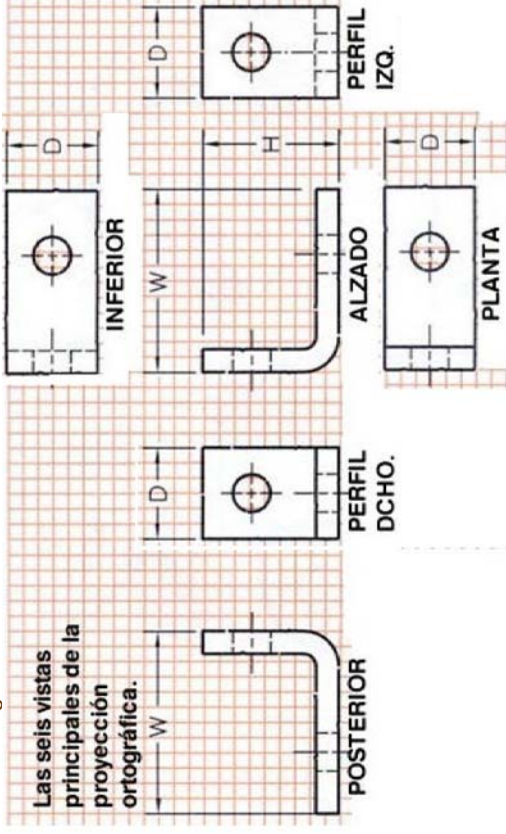


Fig. 12. Distribución normalizada de las seis vistas ortográficas.

CROQUIS DE TRES VISTAS

Normalmente podremos definir adecuadamente la mayoría de los objetos con tres vistas ortográficas (planta, alzado y el perfil izquierdo). La Fig. 13 muestra un croquis típico de tres vistas de una pieza, con sus dimensiones de altura, anchura y profundidad.

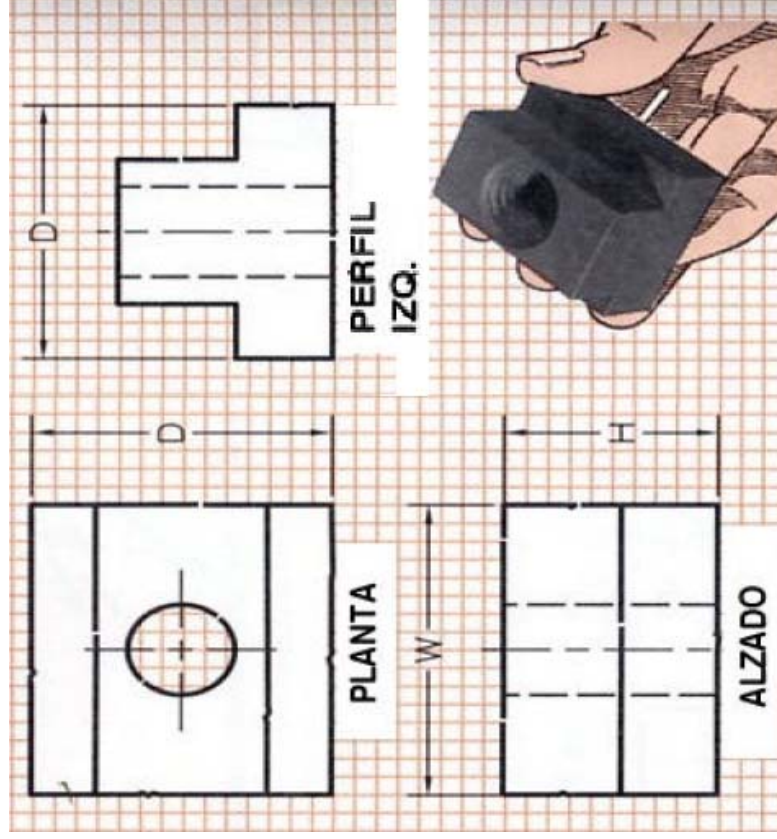
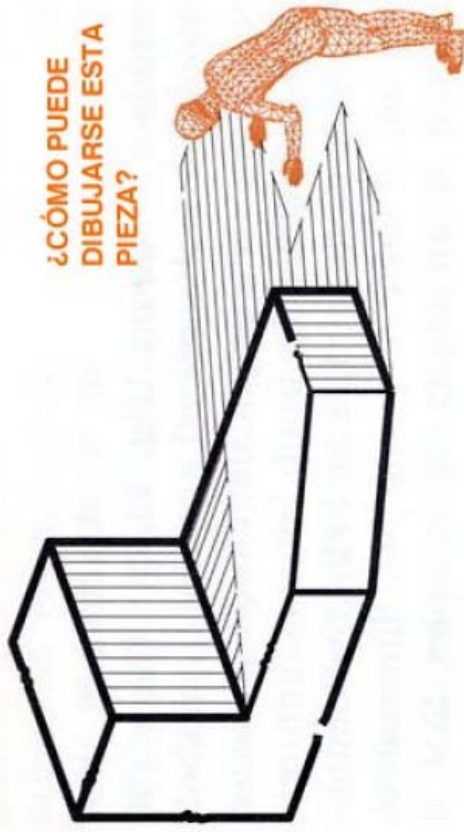


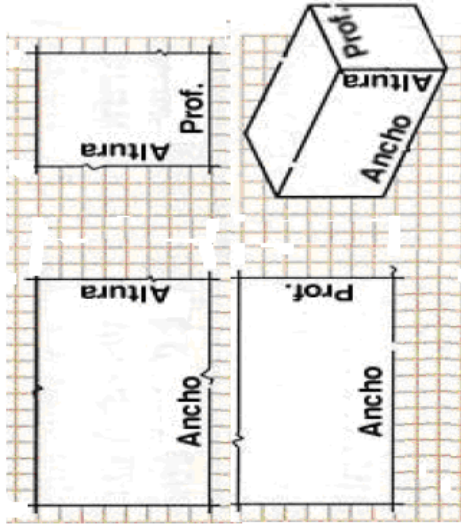
Fig. 13. Croquis de tres vistas normalizadas.

Realizaremos un ejemplo para trazar el croquizado de una pieza.

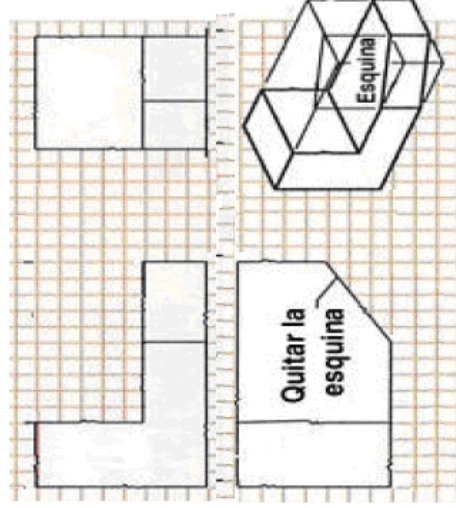


Esta pieza procederemos a representarla mediante tres vistas ortográficas. (Fig. 14)

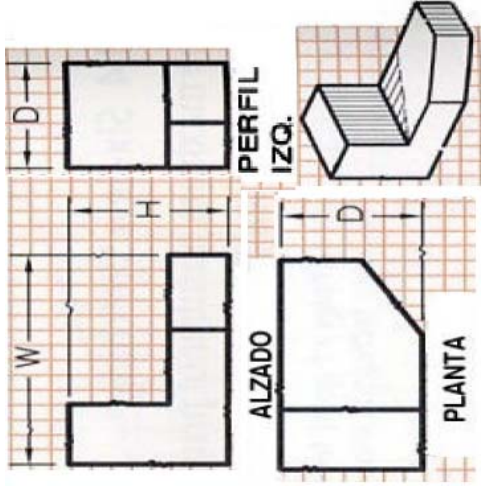
En primer lugar (PASO 1) se croquizan las dimensiones totales del objeto, a continuación (PASO 2) dibujar la superficie oblicua de la planta (quitar esquina) y después (PASO 3) se proyectan las otras vistas. Finalmente, se remarcan las líneas, en caso que creamos conveniente podemos incorporar las dimensiones (ancho, alto, profundidad).



PASO 1. Dimensiones de las tres vistas

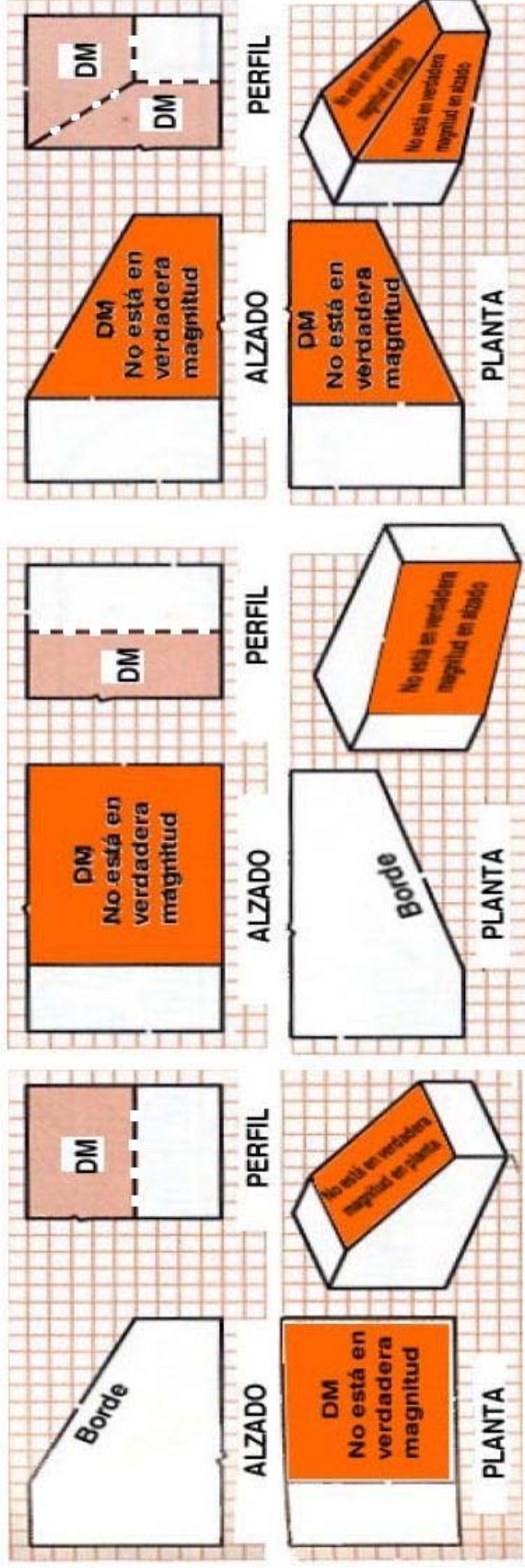


PASO 2. Quitar esquina y definir las vistas.



PASO 3. Proyectar las vistas, remarcar grosores.

Las caras de las piezas al ser proyectadas, en algunas de las vistas no están en verdadera magnitud., es decir están distorsionadas.



DISTORSION DE MAGNITUD EN PLANTA DISTORSION DE MAGNITUD EN ALZADO

1. El plano aparece como borde oblicuo en el alzado y en las vistas de planta y perfil este plano se proyecta distorsionado en magnitud.
2. El plano aparece como un borde oblicuo en la planta y distorsionado en magnitud en el alzado y en el perfil.

DIST. DE MAG. EN TODAS LAS VISTAS

3. Dos planos oblicuos que aparecen distorsionados en magnitud en el perfil y, como un borde oblicuo, uno en el alzado y otro en la planta.

CARACTERÍSTICAS CIRCULARES

La Fig.14 muestra como aplicar las líneas de centro para indicar el centro de las bases circulares de un cilindro, así como para indicar igualmente su eje vertical.

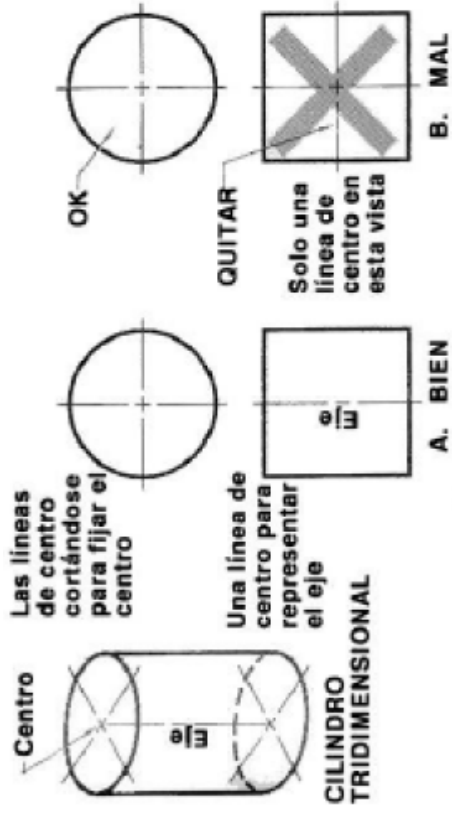


Fig.14 Las líneas de centro identifican los centros de los círculos y los ejes de los cilindros. Las líneas de centro se cortan solo en la vista circular y se extienden aprox. 2mm más allá del contorno exterior.

Las líneas de centro se cortan en las vistas circulares, para situar el centro de los círculos y sobresalen por fuera del arco más o menos 2 milímetros. Las líneas de centro consisten en trazos alternos, de aproximadamente 2-3 milímetros. Cuando las líneas de centro coinciden con líneas visibles u ocultas, deberemos de omitir estas

líneas de centro, porque las líneas o aristas del objeto son más importantes, y las líneas de centro no son más que líneas imaginarias. La Fig.15 muestra la prioridad de las líneas.

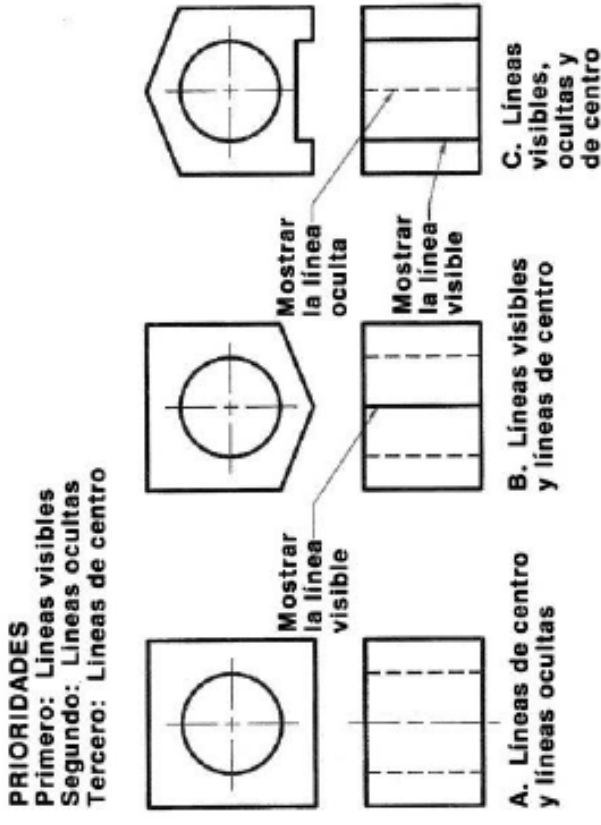
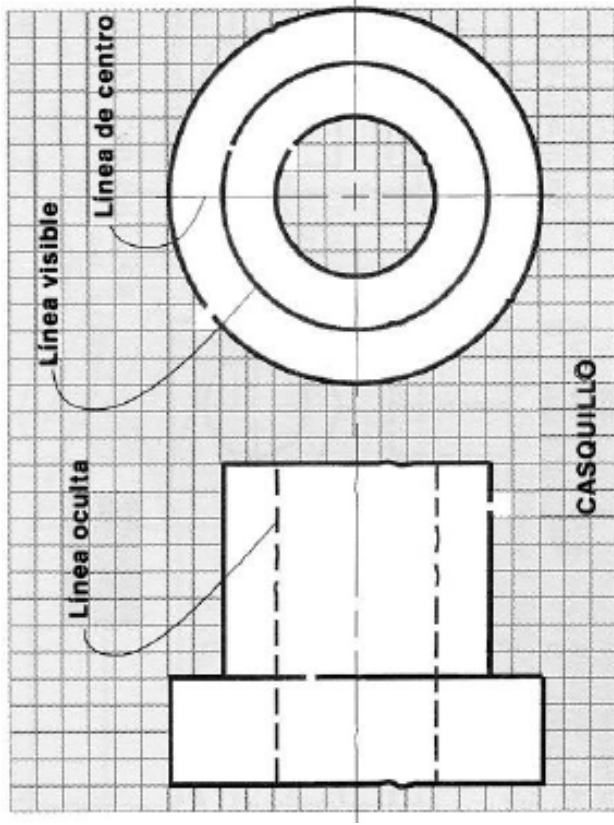


Fig. 15. Cuando las líneas visibles coinciden con las líneas ocultas, se muestran las visibles. Cuando las líneas ocultas coinciden con las de centro, se dibujan las ocultas.

En la siguiente figura podemos ver los grosores de las líneas de contorno, discontinuas y ejes.

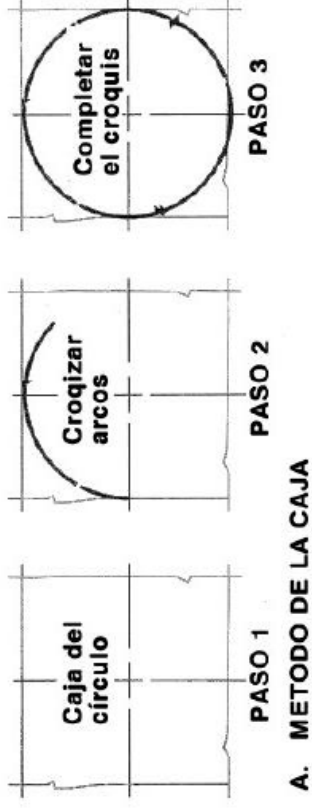


CROQUIZADO DE CIRCULOS.

Los círculos o arcos de pequeño tamaño se pueden dibujar sin dificultad. El problema de dibujar los círculos y arcos, aparece cuando tenemos que dibujarlo de un tamaño considerable. Para evitar que los círculos parezcan "huevos o patatas", podemos utilizar dos métodos: "método de caja" o "método radial"

METODO DE CAJA.

- Paso 1. Encajar el diámetro del círculo a partir de las líneas de centro.
- Paso 2. Croquizar un arco tangente por dos puntos.
- Paso 3. Completar el círculo con los demás arcos.

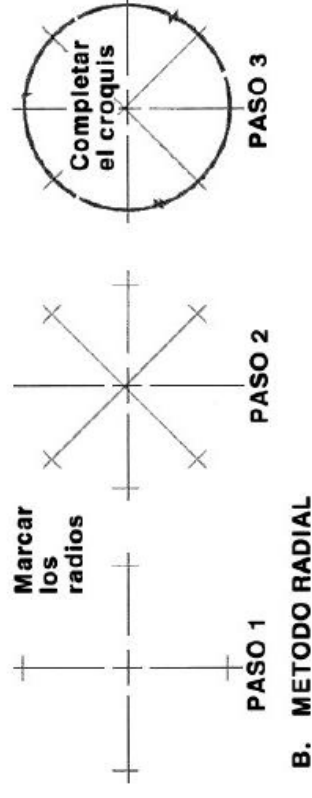


A. METODO DE LA CAJA

METODO RADIAL.

- Paso 1. Marcar los radios en las líneas de centro
- Paso 2. Marcar los radios en dos líneas de construcción marcadas a 45°.

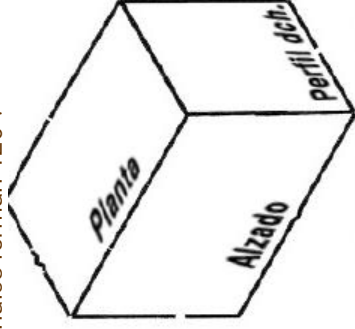
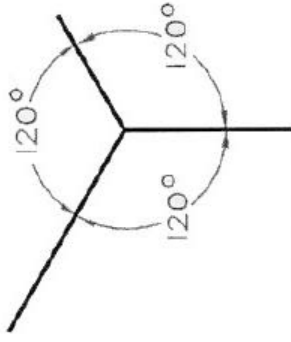
Paso 3. Croquizar los círculos con arcos que pasen por las marcas.



B. METODO RADIAL

CROQUIZADO PERSPECTIVAS ISOMÉTRICAS

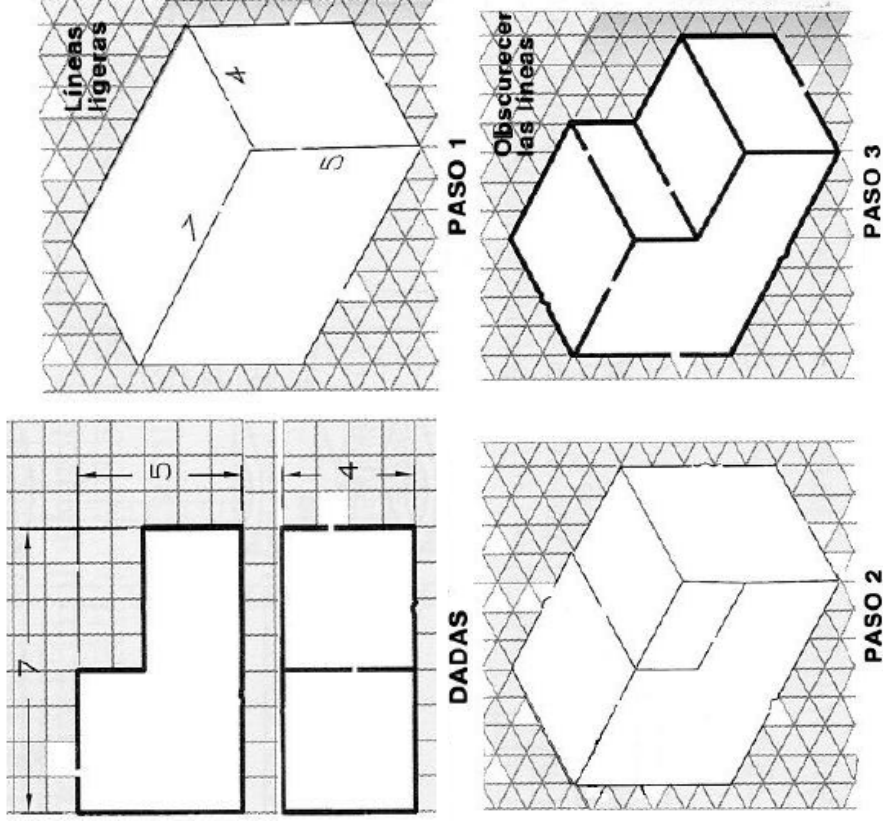
Es normal tener que realizar croquis de objetos en perspectiva isométrica en la cual, los ejes tridimensionales forman 120° .



A. LOS EJES ISOMETRICOS

Existe papel de cuadrículas impresas especiales con líneas que se cortan bajo ángulos de 60° , para hacer el croquizado isométrico más fácil de realizar.

B. DIBUJO ISOMETRICO

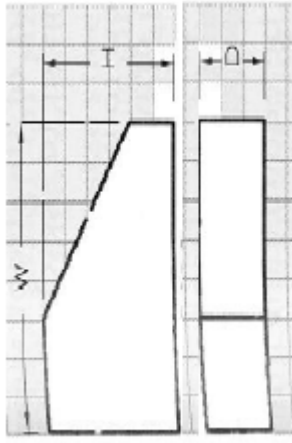


Paso 1. Usando una cuadrícula isométrica, transferimos las dimensiones desde las vistas dadas y croquizamos una caja con dichas dimensiones.

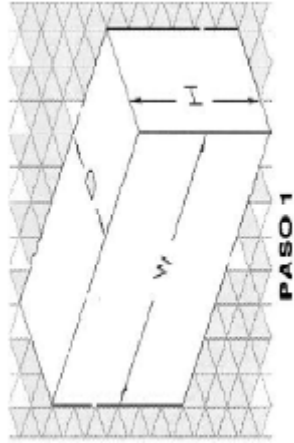
Paso 2. Localizamos la entalladura midiendo cuatro cuadros por arriba y dos cuadros hacia abajo, como vemos en las vistas.

Paso 3. Terminamos la entalladura y oscurecemos las líneas.

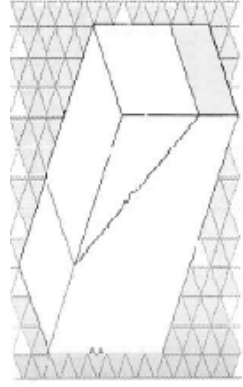
En las siguiente figuras vemos los pasos necesarios hasta llegar a realizar la perspectiva a partir de las vistas dadas.



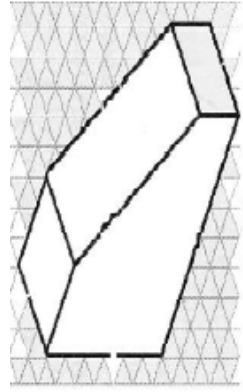
DADO



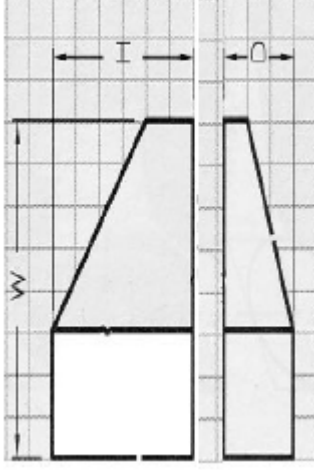
PASO 1



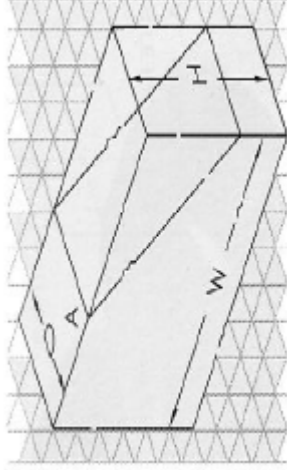
PASO 2



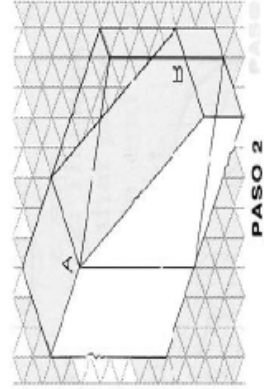
PASO 3



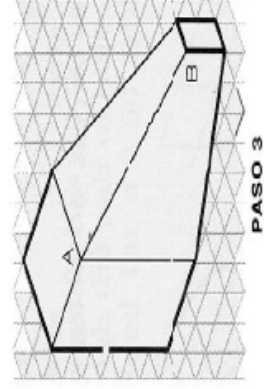
DADO



PASO 1



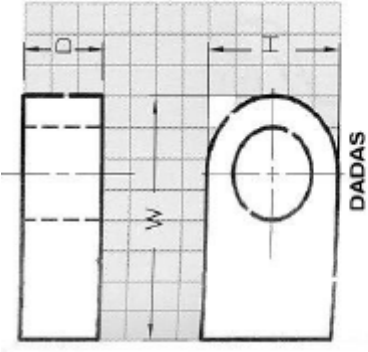
PASO 2



PASO 3

CROQUIZADO DE CIRCULOS ISOMETRICOS.

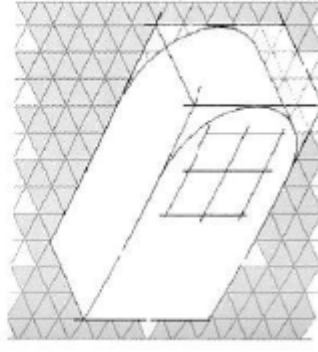
“Un círculo proyectado según esta perspectiva se observa como una elipse.”. Uno de los mayores problemas es la ejecución de elipses isométricas.



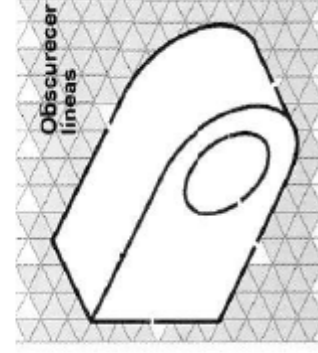
DADAS



PASO 2



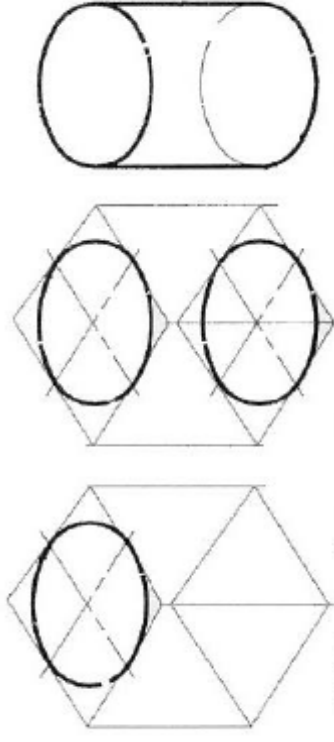
PASO 1



PASO 3

Cualquier pieza que posea un cilindro o una forma cónica se representará a base de elipses isométricas.

Para la construcción de un cilindro, en primer lugar se debe dibujar el prisma que inscribe la pieza cilíndrica o cónica, de tal forma que el lado del rectángulo – base trazado coincide con el diámetro del círculo. Se dibujan las diagonales para posicionar el centro del círculo.



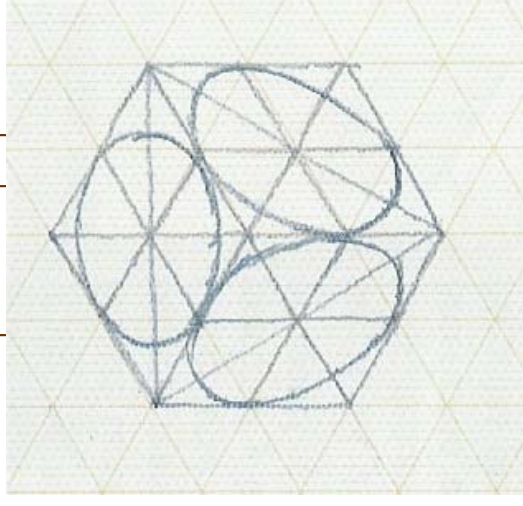
PASO 1: Encajar y croquizar la elipse

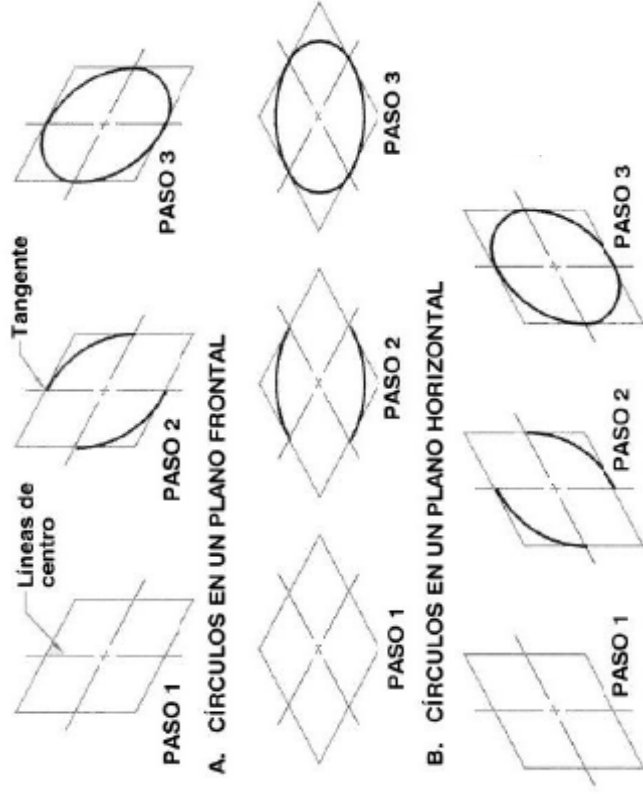
PASO 2: Croquizar la elipse inferior

PASO 3: Unir las elipses

Este círculo debe ser tangente a los puntos medios de los lados del rectángulo. Las bisectrices entre las rectas que unen a los puntos medios corresponden al eje mayor y eje menor de la elipse.

Las elipses en la perspectiva pueden estar en cualquiera de los tres planos. En la siguiente figura se muestra el proceso para dibujar las tres elipses en los distintos planos de la perspectiva.





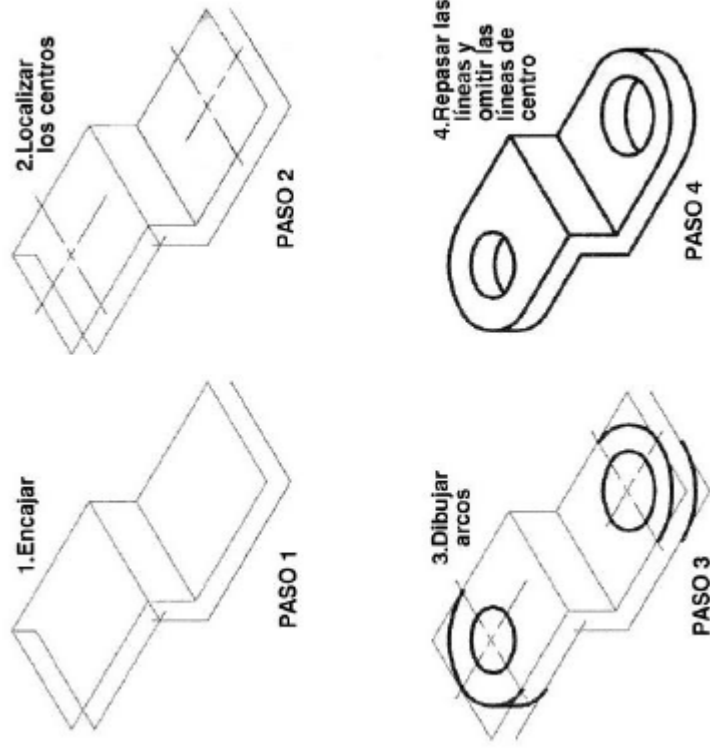
Ejemplo de croquizado de una pieza en perspectiva isométrica con agujeros circulares.

Paso 1. Encajar la forma isométrica del objeto con líneas suaves.

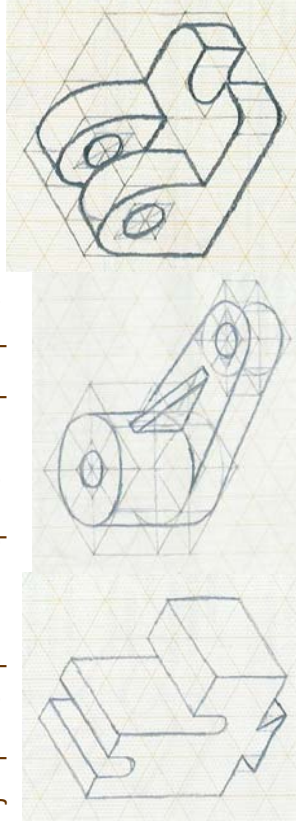
Paso 2. Localizar las líneas de centro de los taladros y de los extremos redondeados.

Paso 3. Croquizar los extremos semicirculares de la pieza y los taladros.

Paso 4. Dibujar los fondos de los taladros y oscurecer las líneas.

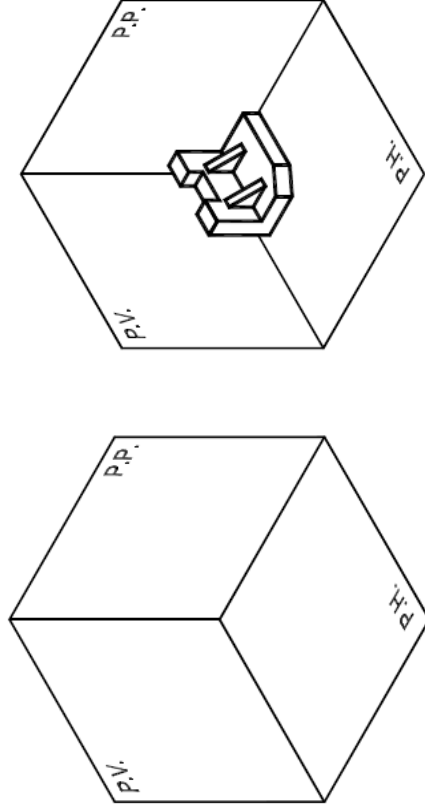


Ejemplos de piezas croquizadas en perspectiva isométrica.



Vistas Normalizadas

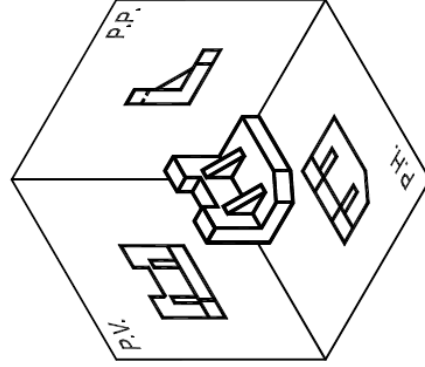
Se consideran tres planos de proyección, perpendiculares entre sí, denominados: Plano Vertical (P.V.), Plano Horizontal (P.H.) y Plano de Perfil (P.P.). Estos tres planos definen en el espacio un triedro trirrectángulo.



Consideraremos que se coloca la pieza buscando la posición más favorable para su representación, es decir, con las caras principales paralelas a los planos de proyección, para que se proyecten en verdadera magnitud.

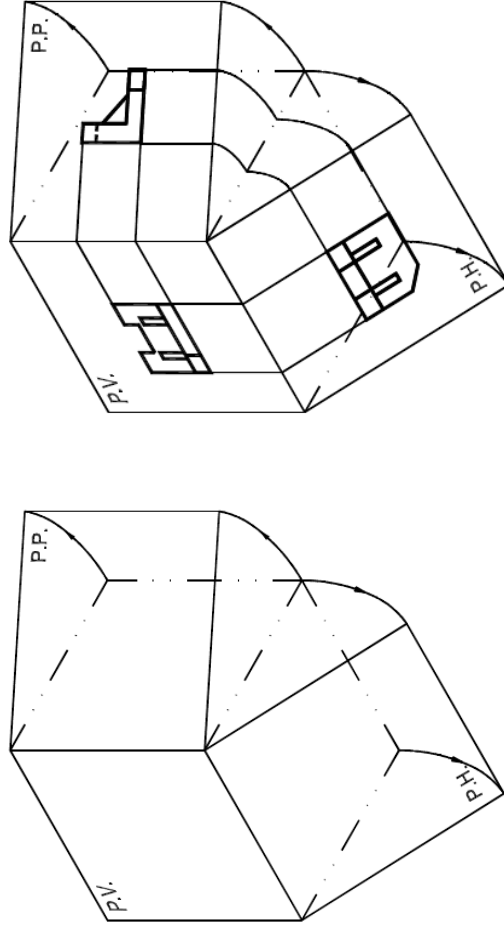
Se denominan vistas de la pieza a las proyecciones de la misma sobre los tres planos que conforman el triedro trirrectángulo. De esta forma, obtenemos tres proyecciones o vistas sobre tres planos perpendiculares entre sí.

Dado que el formato de papel sobre el cuál se dibuja es un único plano, y

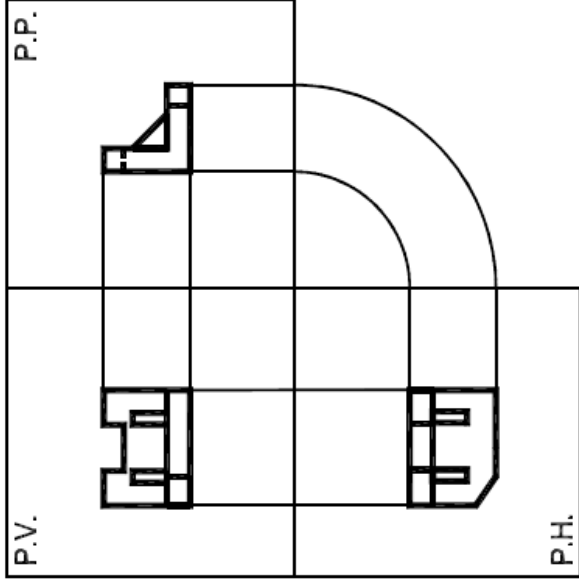


estamos considerando tres planos en el espacio, hay que hacer coincidir estos tres planos con el plano del dibujo (papel), manteniendo una correspondencia lógica entre las tres vistas.

Para ello, se abate el Plano Horizontal (P.H.) y el Plano de Perfil (P.P.) sobre el Plano Vertical (P.V.), utilizando como ejes de abatimiento las respectivas rectas de intersección de dichos planos con el Plano Vertical (P.V.). De esta forma conseguimos situar las tres proyecciones o vistas de la pieza sobre el plano vertical.



Después del abatimiento, las vistas quedarían dispuestas en el plano del dibujo tal como indica la siguiente figura.



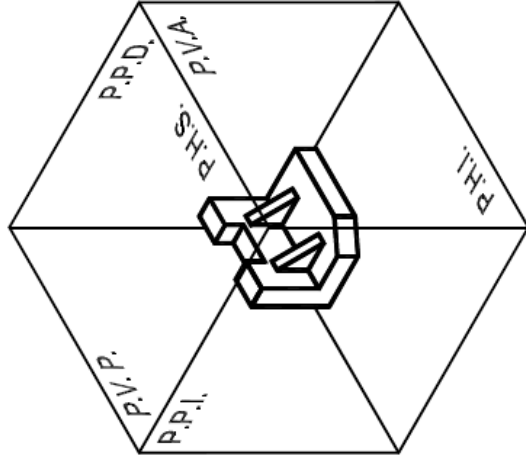
Eliminando los rayos proyectantes, las trazas de los planos de proyección y demás líneas auxiliares, permanecen en el dibujo únicamente las tres vistas principales de la pieza.



VISTA DE FRENTE O ALZADO. Es la proyección de la pieza sobre el Plano Vertical (P.V.). Se obtiene mirando la pieza desde el infinito en dirección perpendicular a dicho plano.
VISTA SUPERIOR O PLANTA. Es la proyección de la pieza sobre el Plano Horizontal (P.H.). Se obtiene mirando la pieza desde el infinito en dirección perpendicular a dicho plano.
VISTA LATERAL IZQUIERDA O PERFIL IZQUIERDO. Es la proyección de la pieza sobre el Plano de Perfil (P.P.). Se obtiene mirando la pieza desde el infinito en dirección perpendicular a dicho plano.

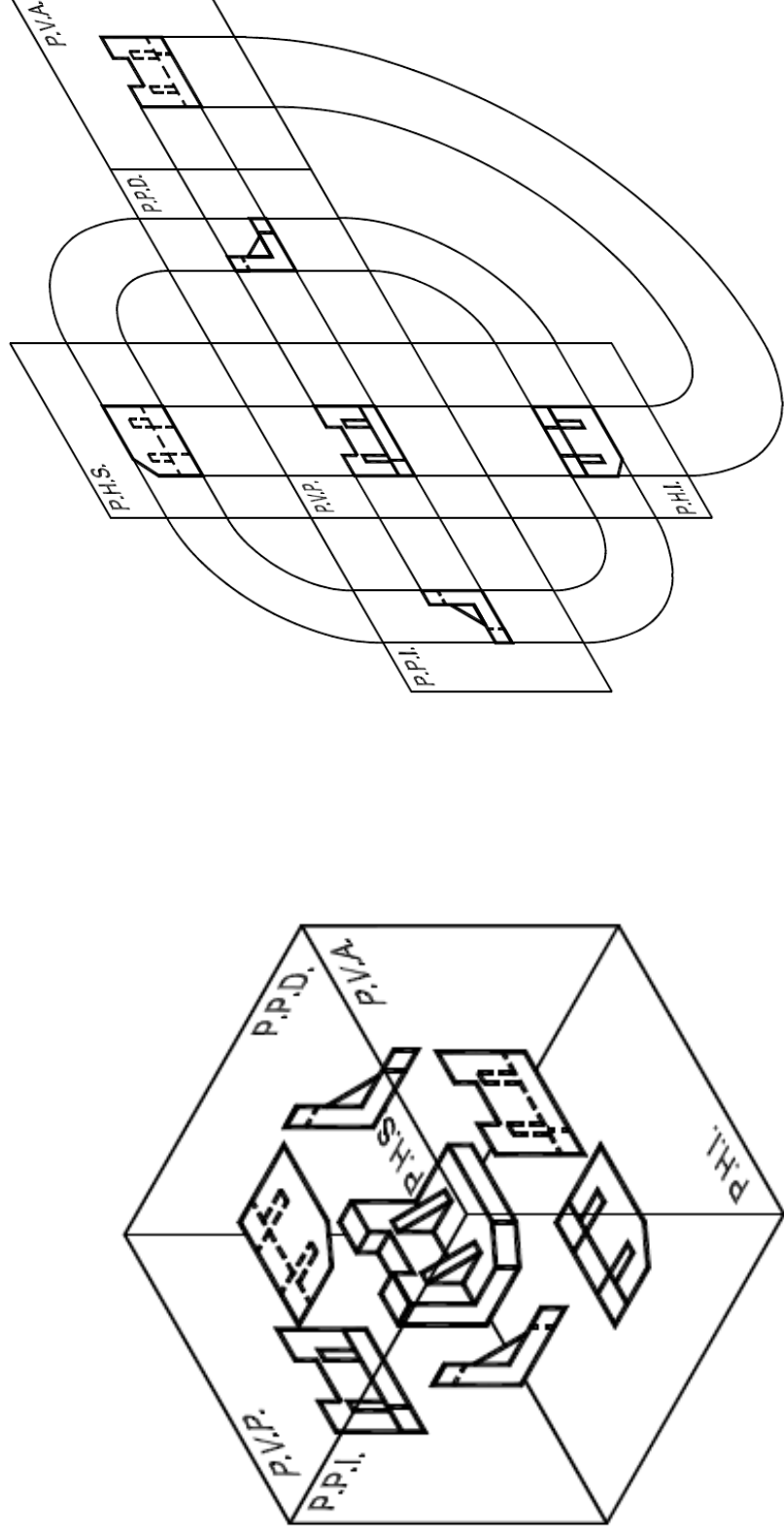
Cubo de proyección

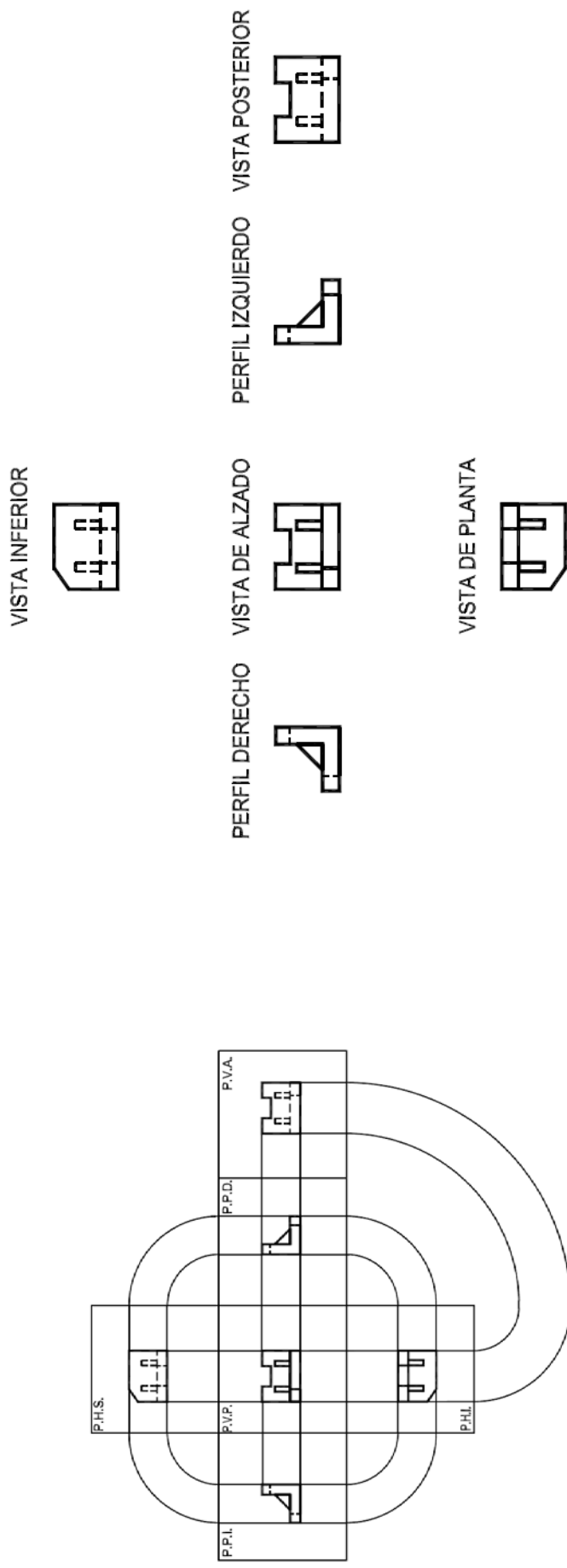
Puede ocurrir que una pieza sea lo suficientemente complicada que para su correcta definición formal sea necesaria alguna vista más. Entonces, además de considerar los tres planos de proyección indicados, debemos hacer uso de otros tres planos paralelos a los anteriores; conformando el denominado cubo de proyección.



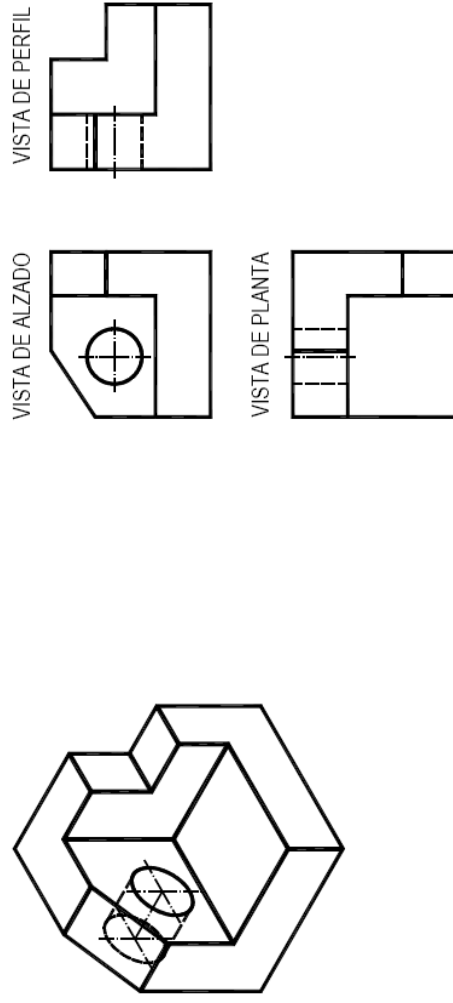
Situamos la pieza en el interior del cubo de proyección, con las caras principales de la misma paralelas a los planos de proyección para que aquellas se proyecten en verdadera magnitud.

Desarrollo del Cubo de proyección





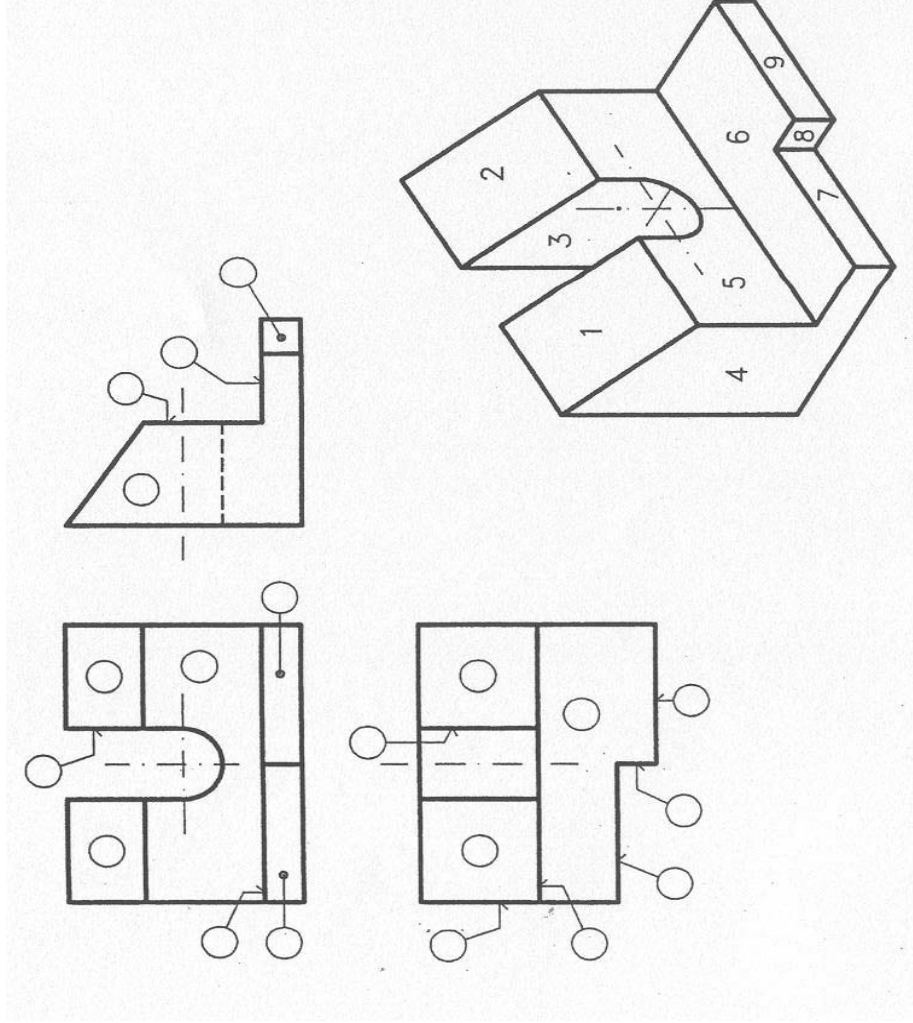
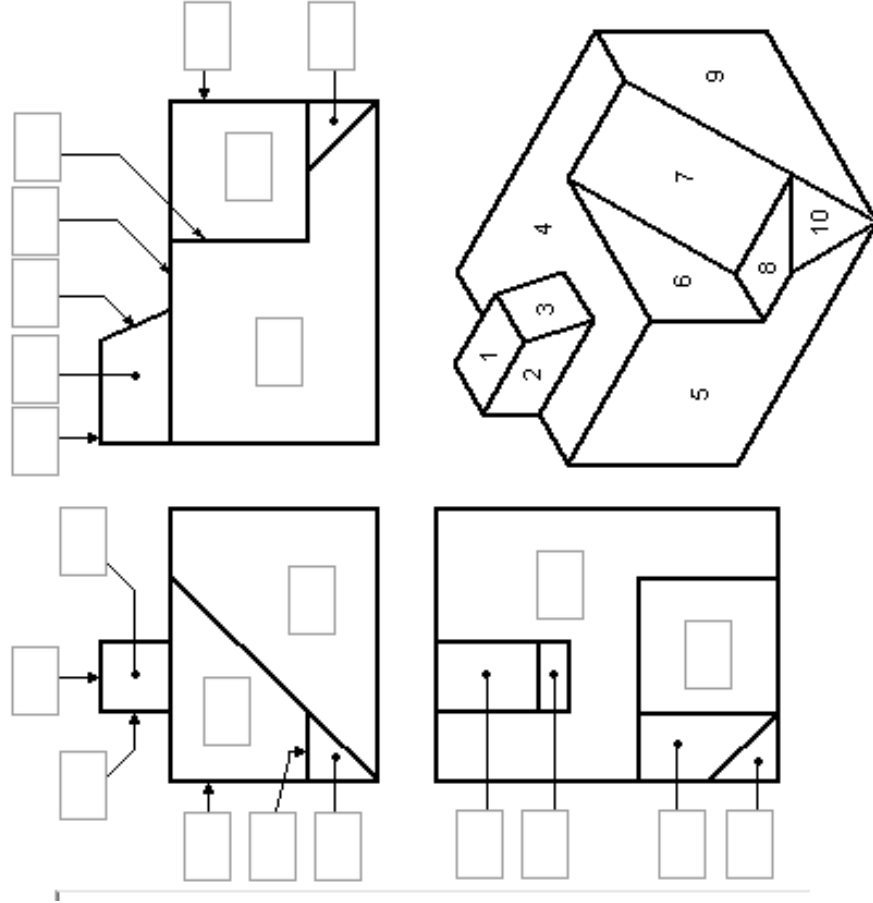
Ejemplo



Capítulo 2. Entrenamiento Croquizado

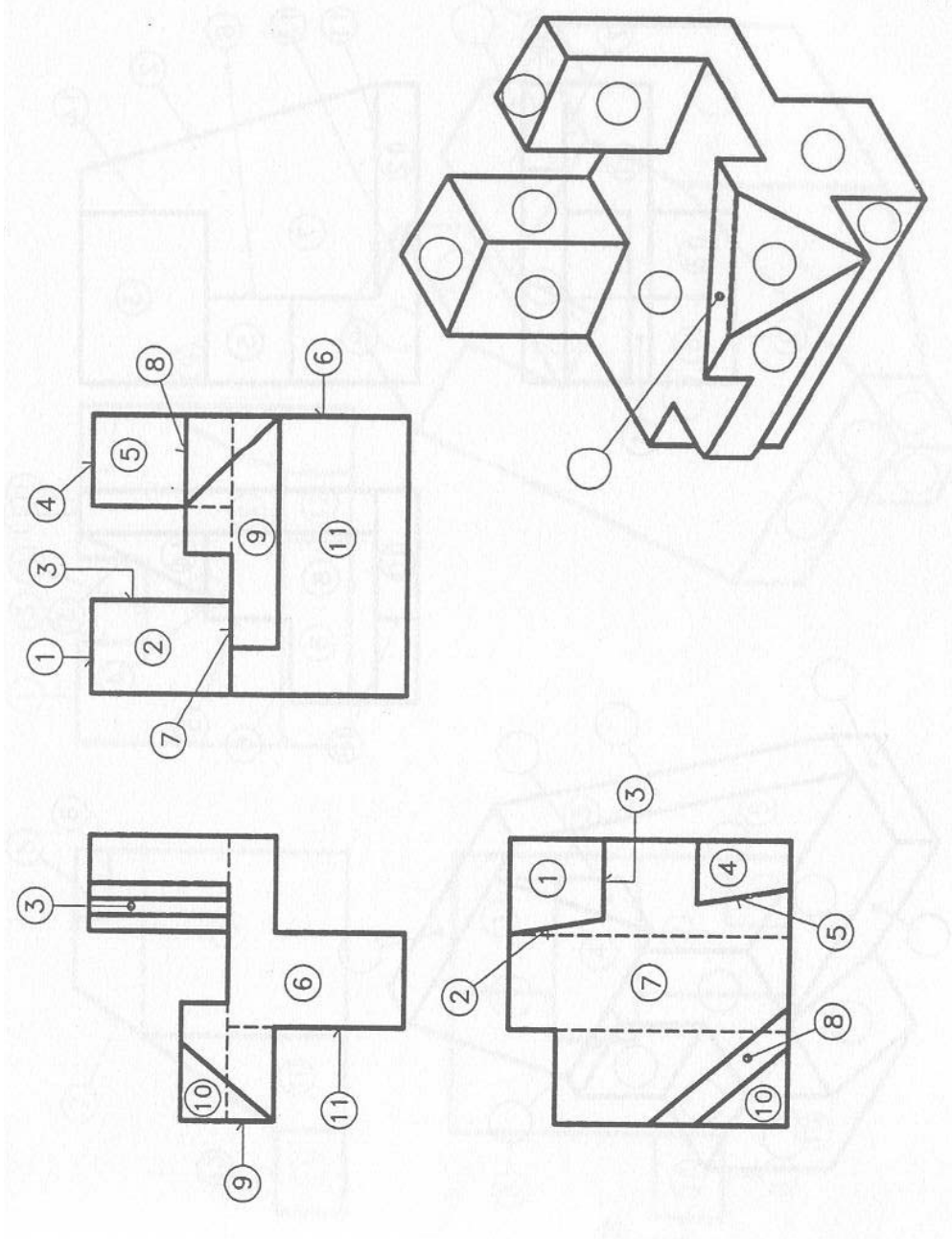
Ejercicios. Identificación de superficies.

La perspectiva de la pieza muestra las caras numeradas. Identifique estas caras en las vistas.



Ejercicios. Identificación de superficies.

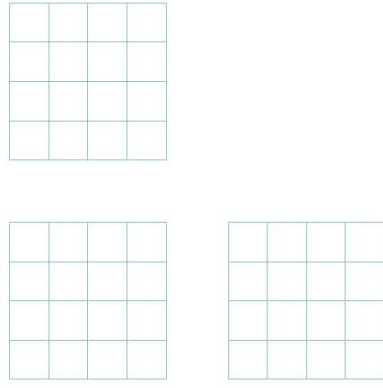
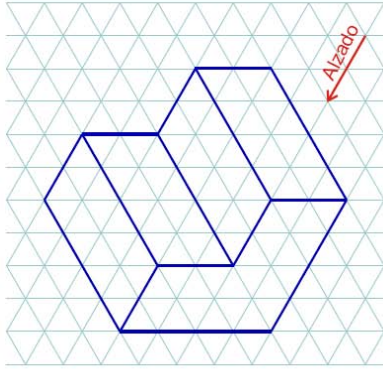
Las vistas de la pieza muestran las caras numeradas. Identifique estas caras en la perspectiva.



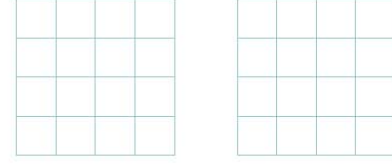
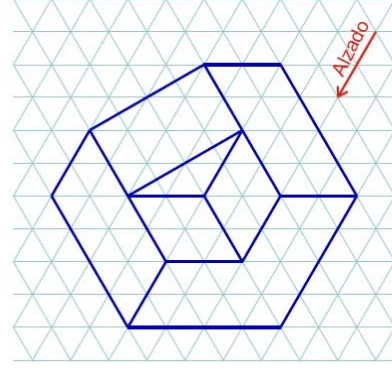
Cap.2 Entrenamiento croquizado

EJERCICIOS. Obtención de vistas.

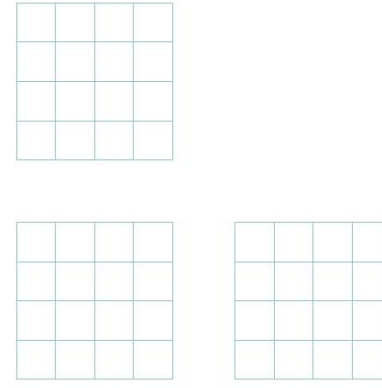
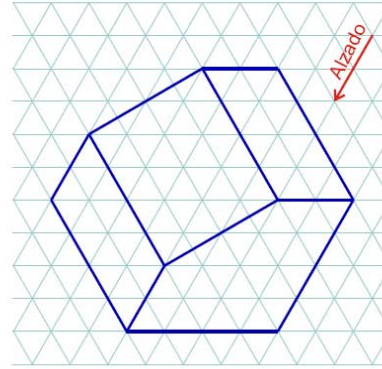
PIEZA N° 1



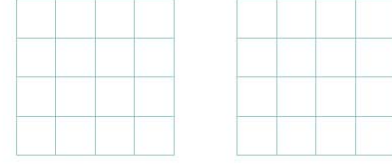
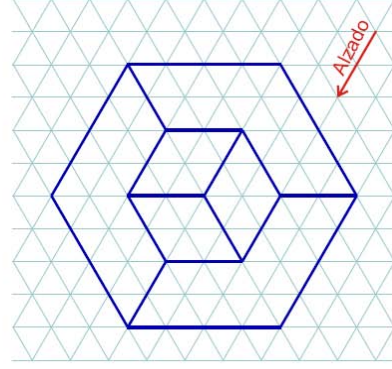
PIEZA N° 3



PIEZA N° 2

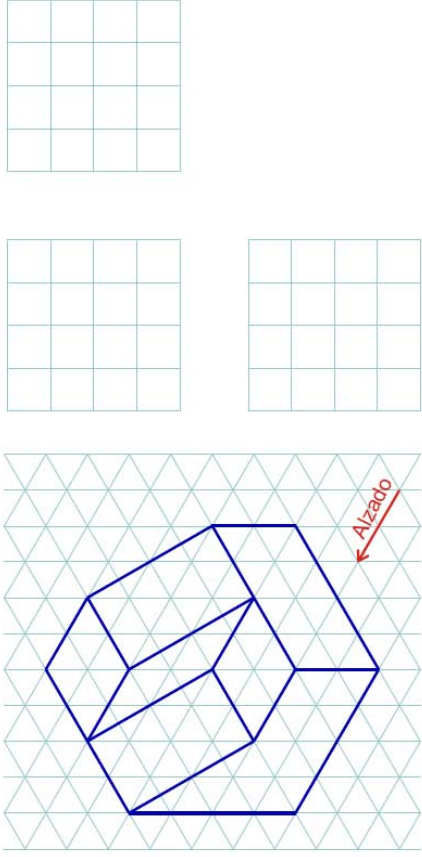


PIEZA N° 4

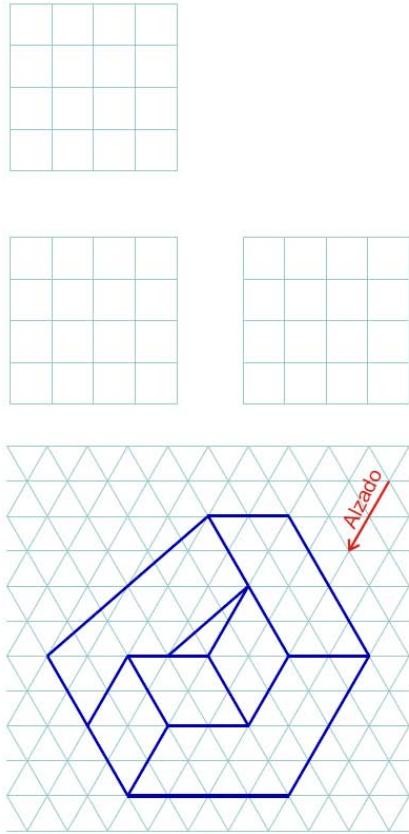


Cap.2 Entrenamiento croquizado

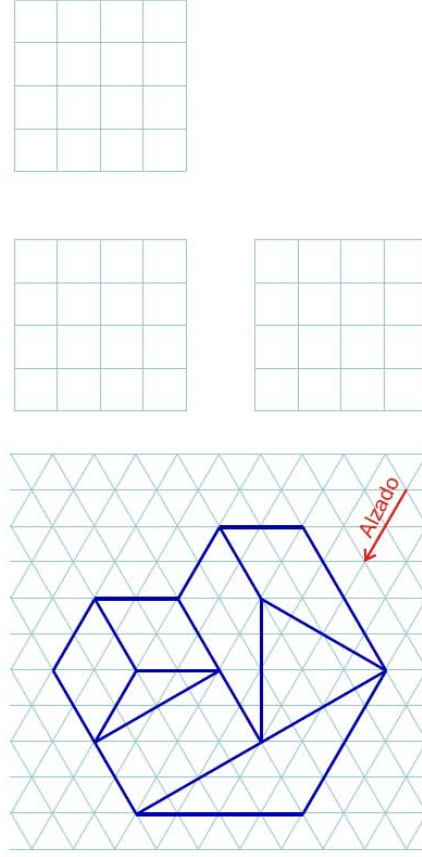
PIEZA Nº 7



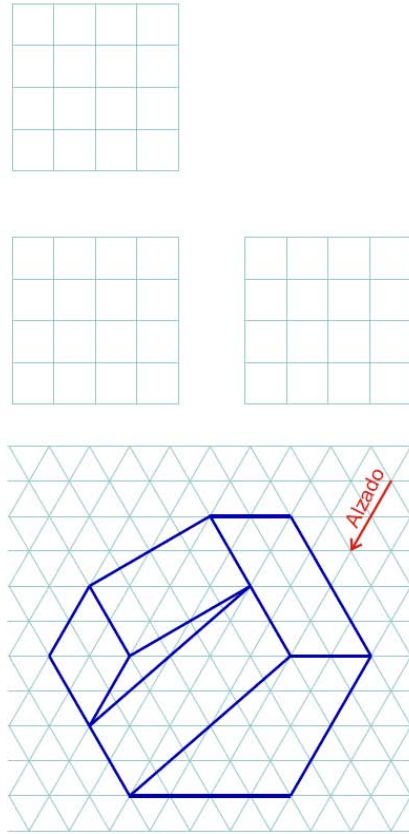
PIEZA Nº 5



PIEZA Nº 8

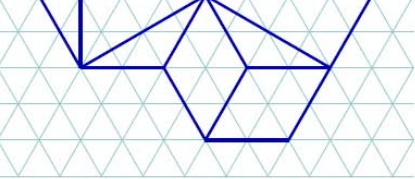
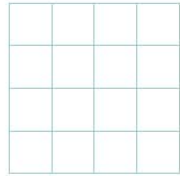
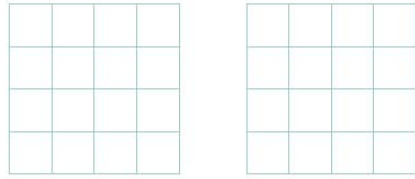
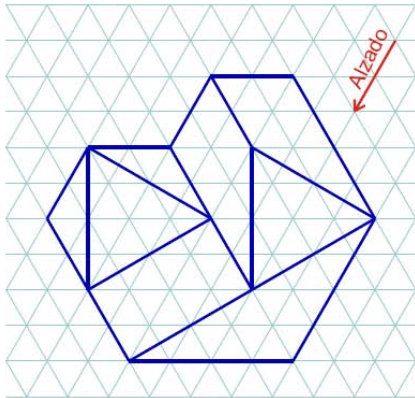


PIEZA Nº 6

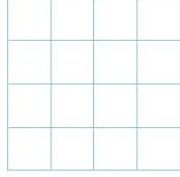
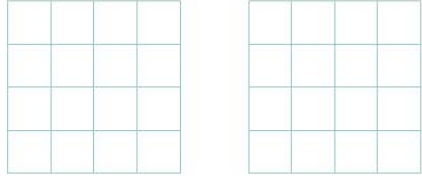
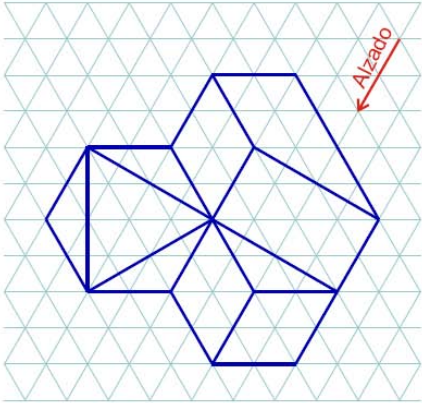


Cap.2 Entrenamiento croquizado

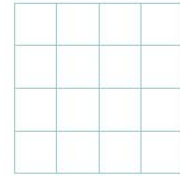
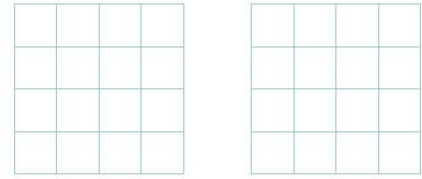
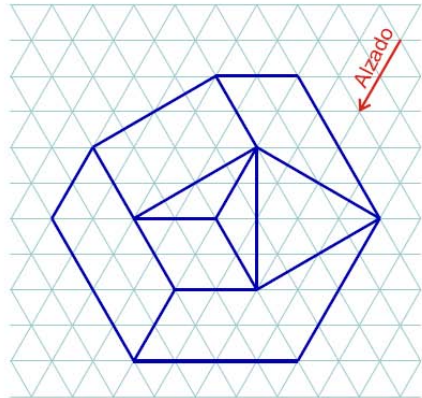
PIEZA N° 9



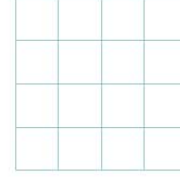
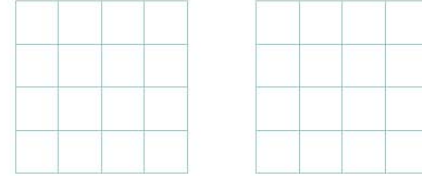
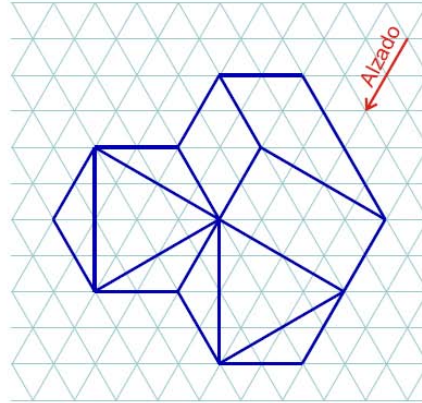
PIEZA N° 11



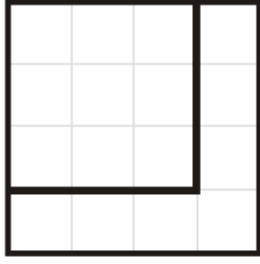
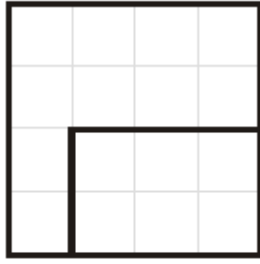
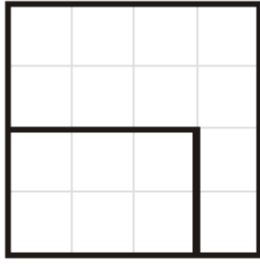
PIEZA N° 10



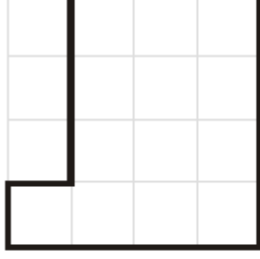
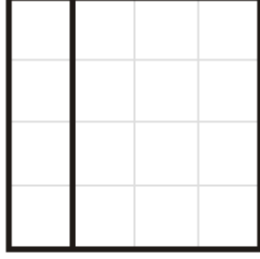
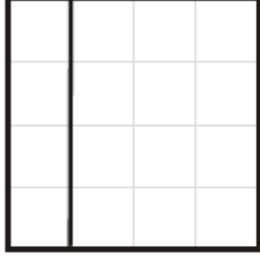
PIEZA N° 12



EJERCICIOS. Obtención de Perspectivas.



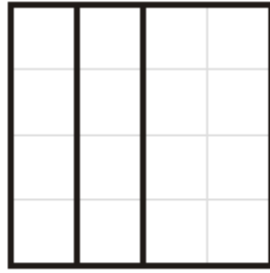
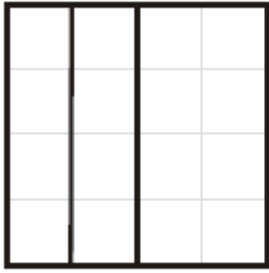
PIEZA 1



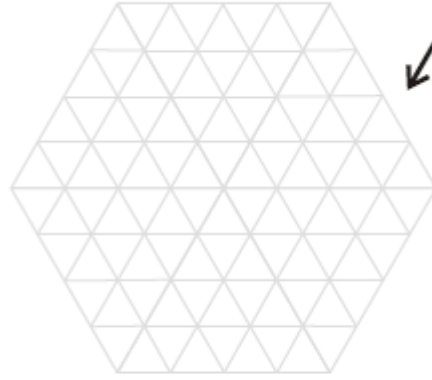
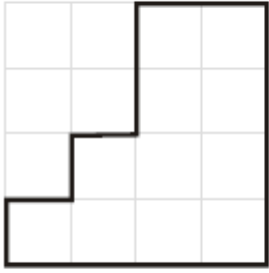
PIEZA 2



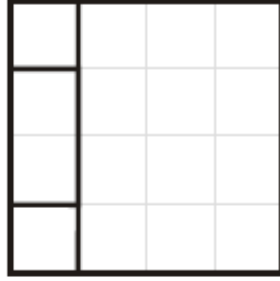
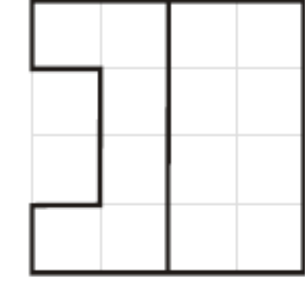
Cap.2 Entrenamiento croquizado



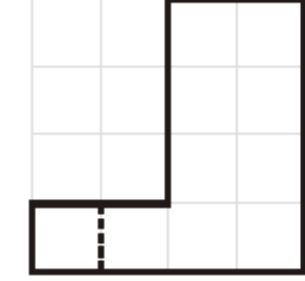
PIEZA 3



ALZADO



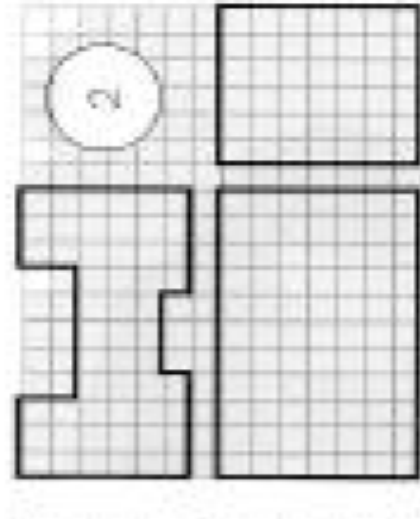
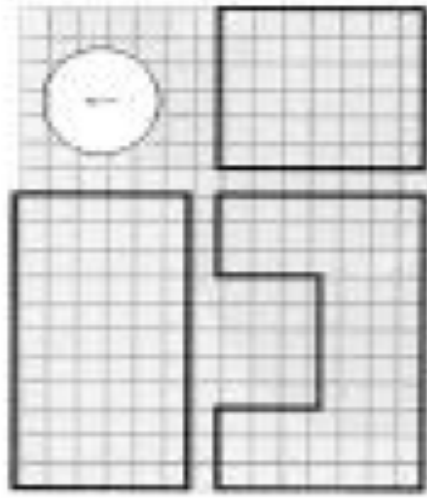
PIEZA 4



ALZADO

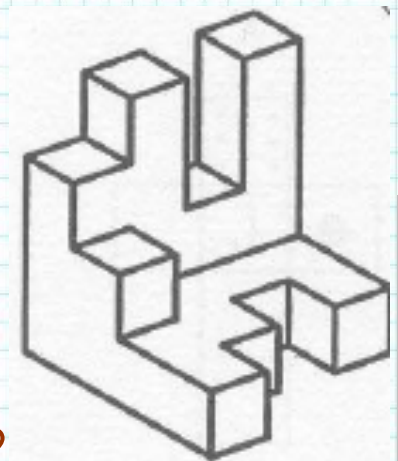
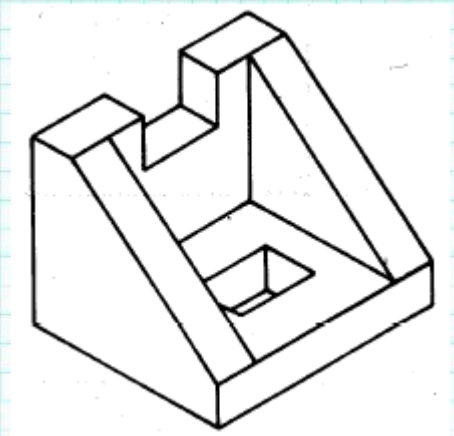
EJERCICIOS. Completar líneas omitidas en las vistas.

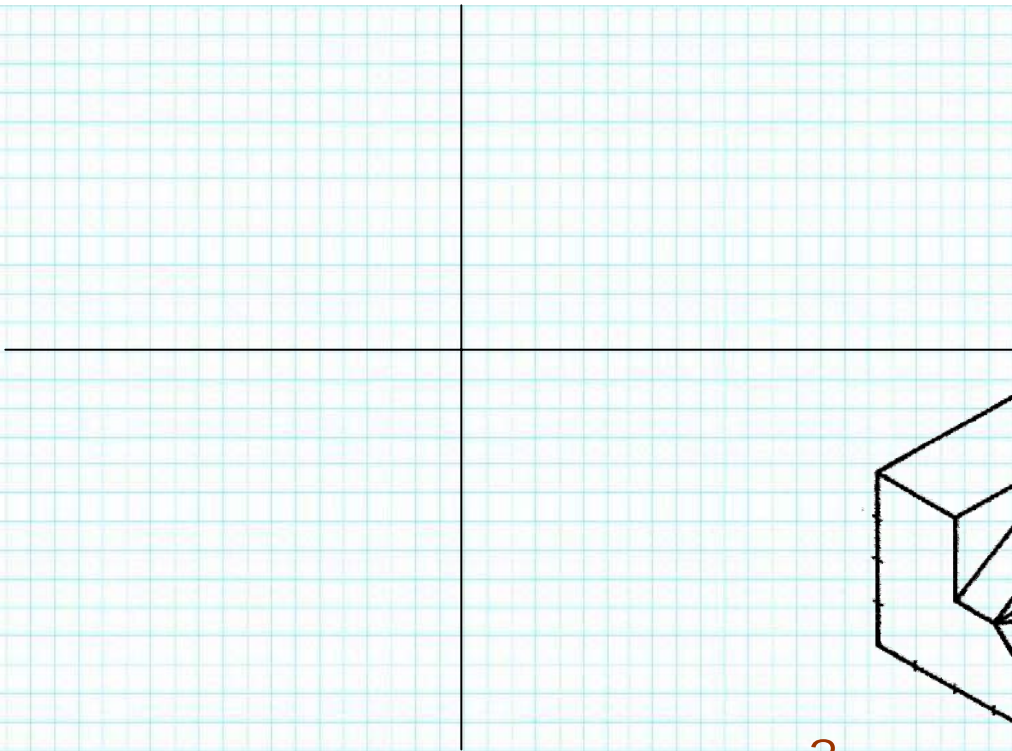
Croquice la planta, el alzado y el perfil derecho añadiendo las posibles líneas omitidas en cualquiera de las vistas dadas.



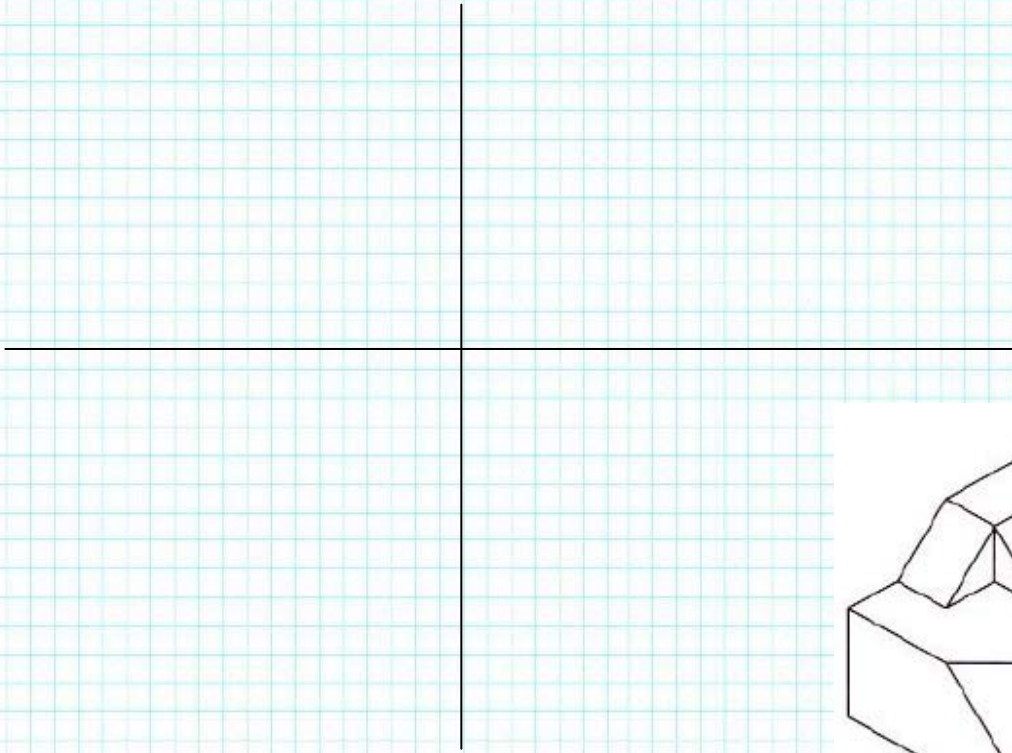
Capítulo 3. Entrenamiento Habilidades Espaciales. Nivel Básico

EJERCICIOS. Obtención de vistas.



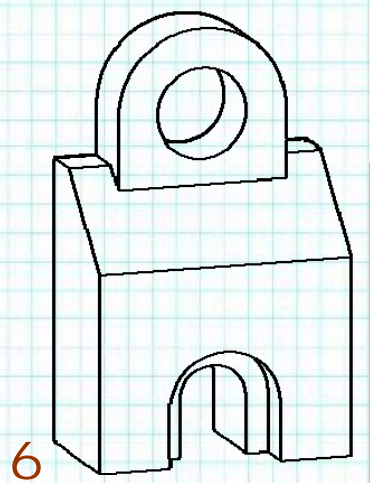
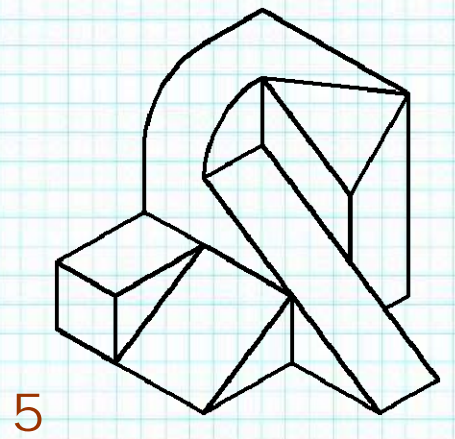
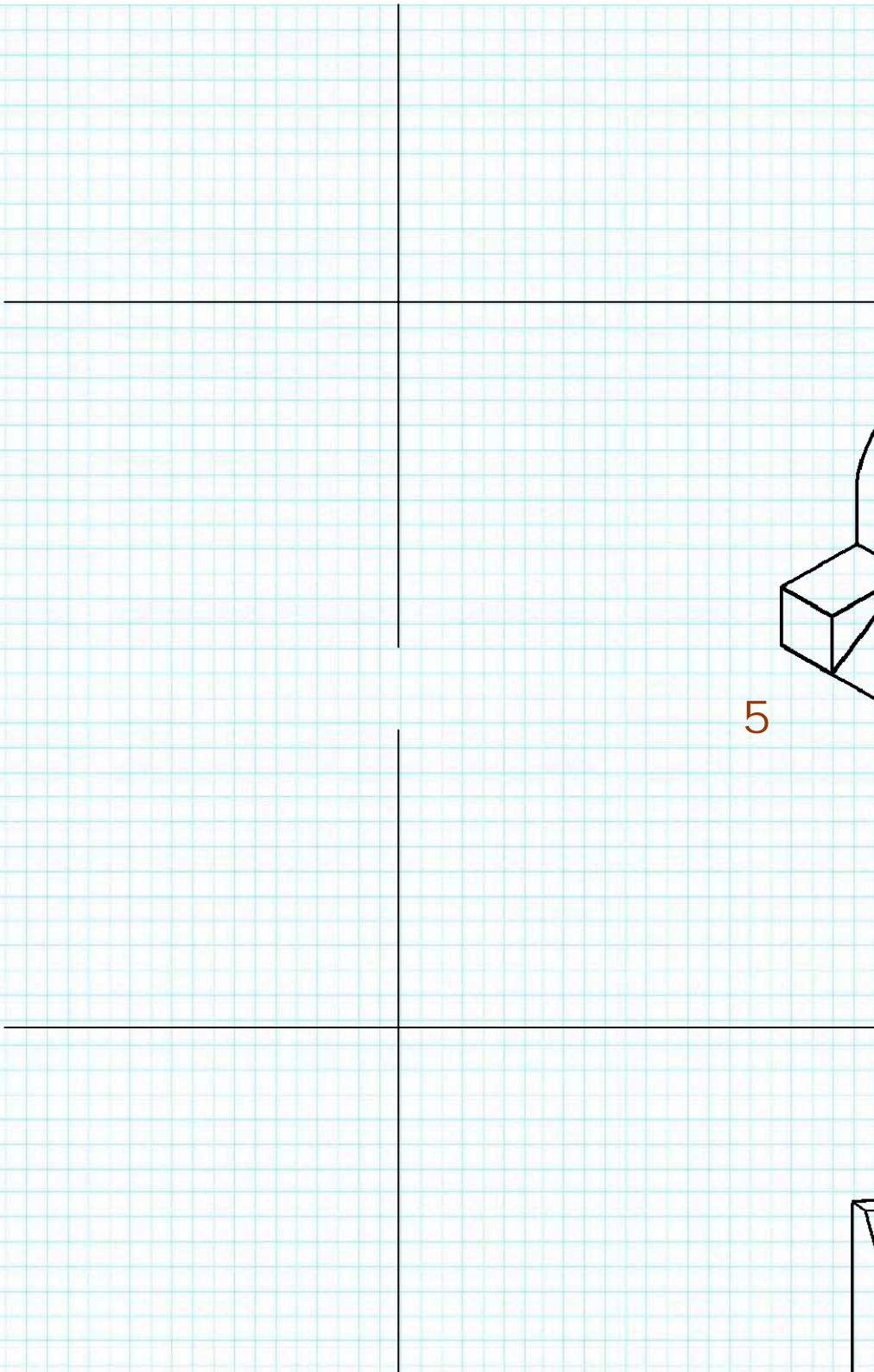


3

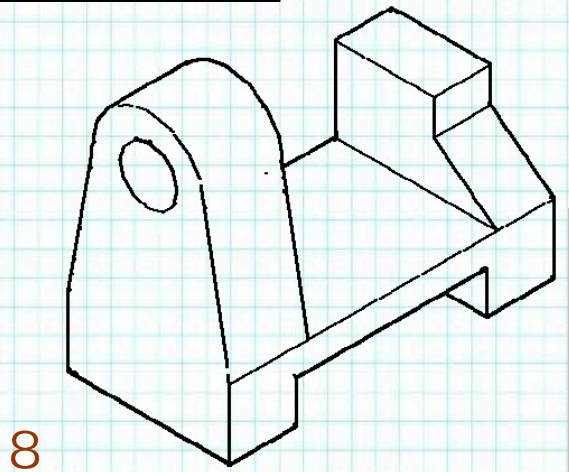
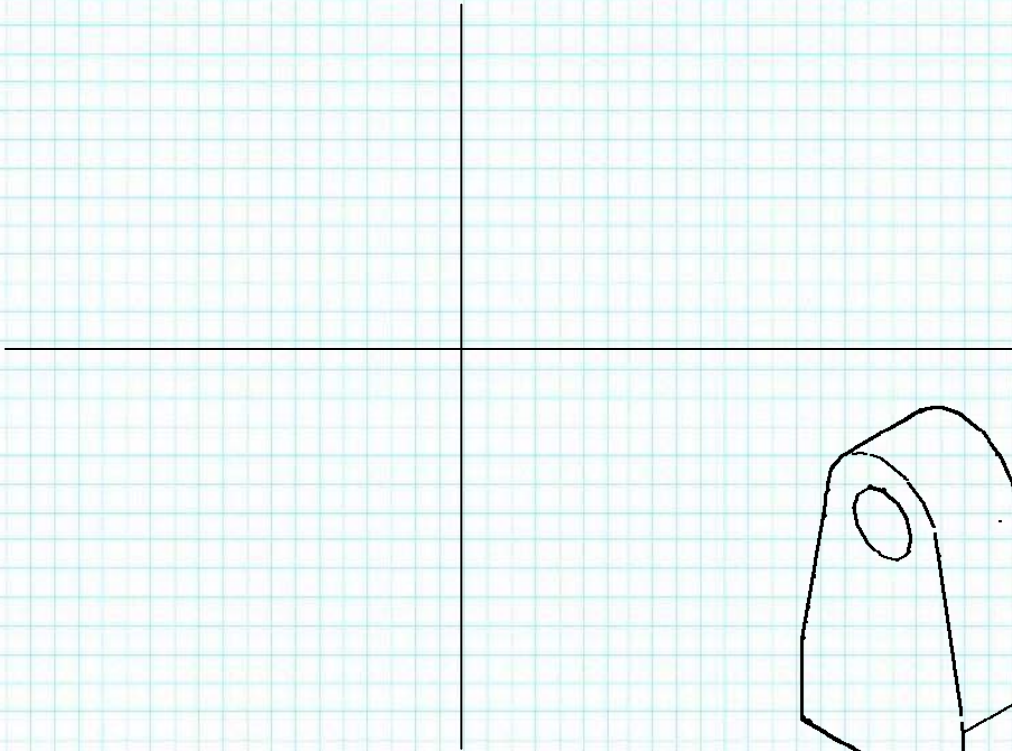
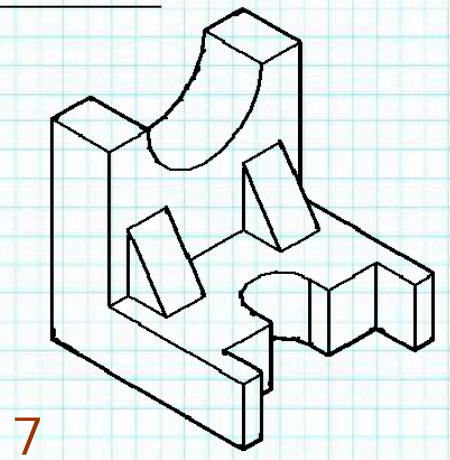
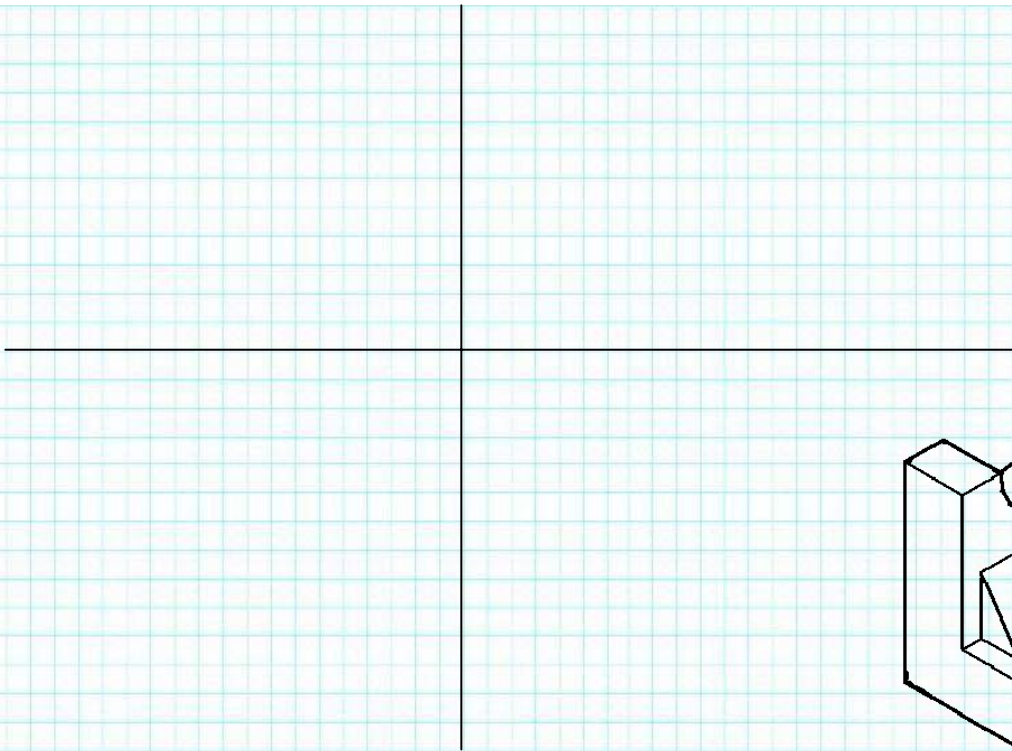


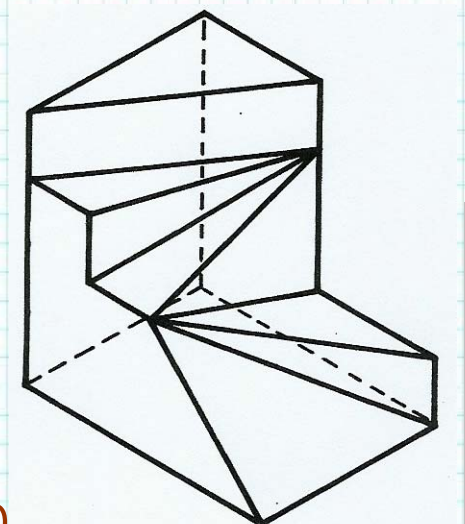
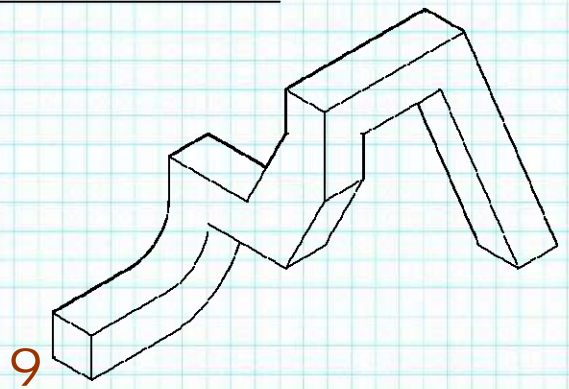
4

B
Á
S
I
C
O

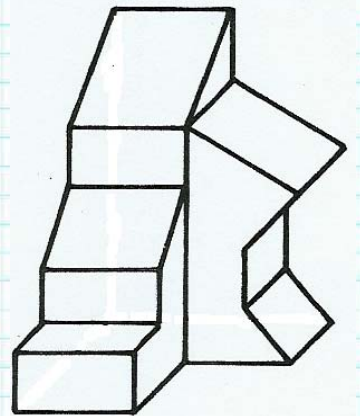


**B
Á
S
I
C
O**



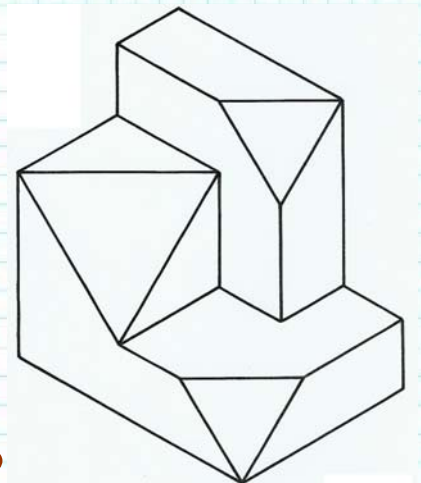


BÁSICO



11

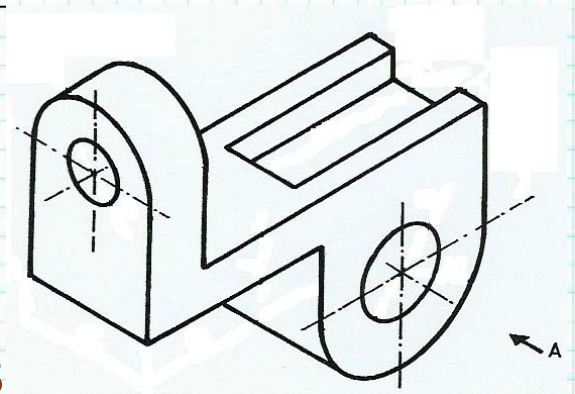
ALZADO



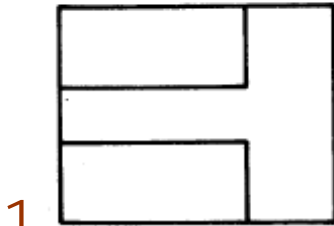
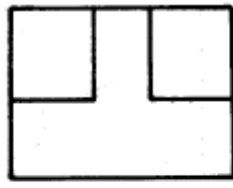
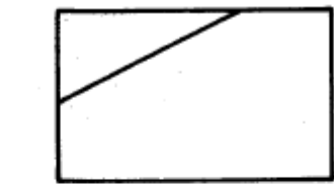
12

BÁSICO

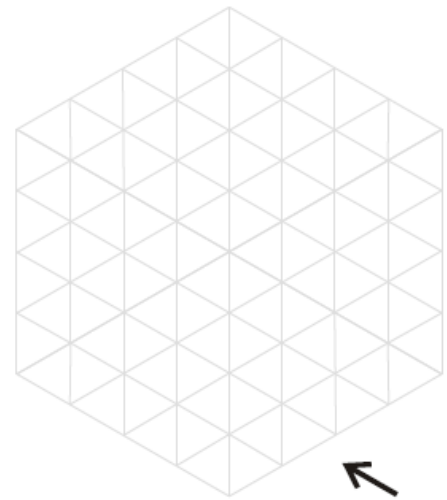
13



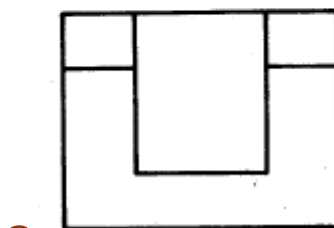
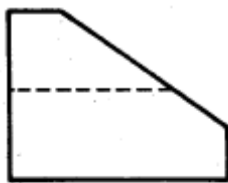
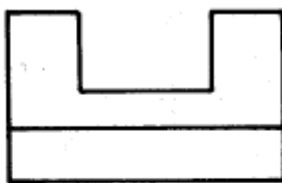
EJERCICIOS. Obtención de Perspectivas.



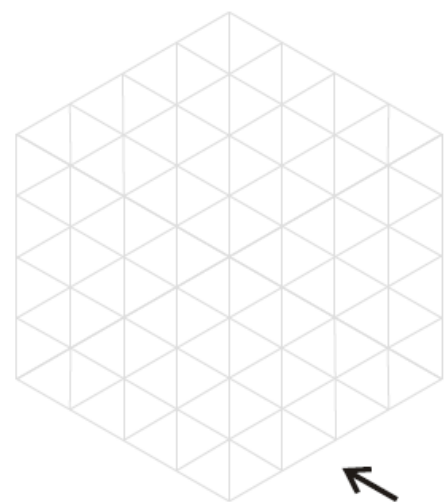
1



ALZADO

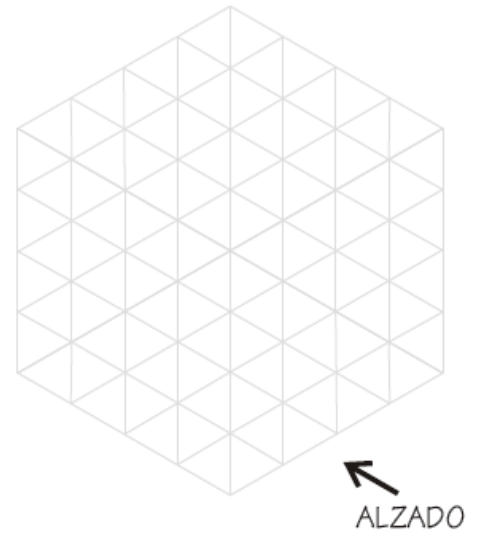
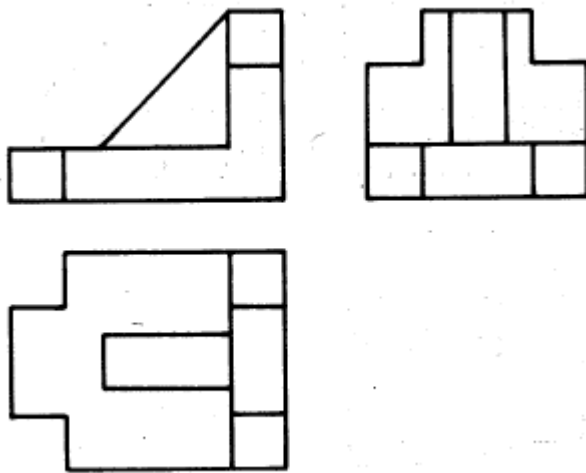


2

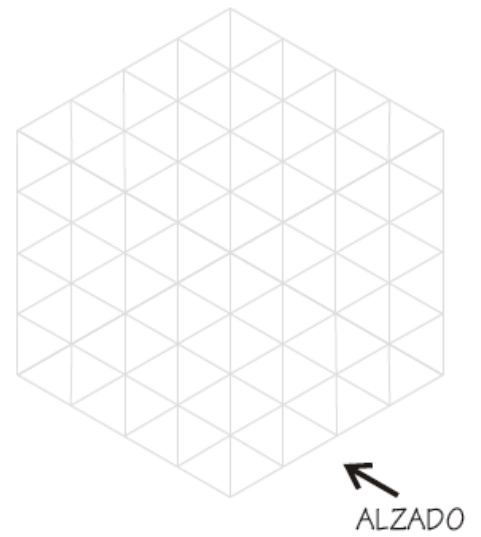
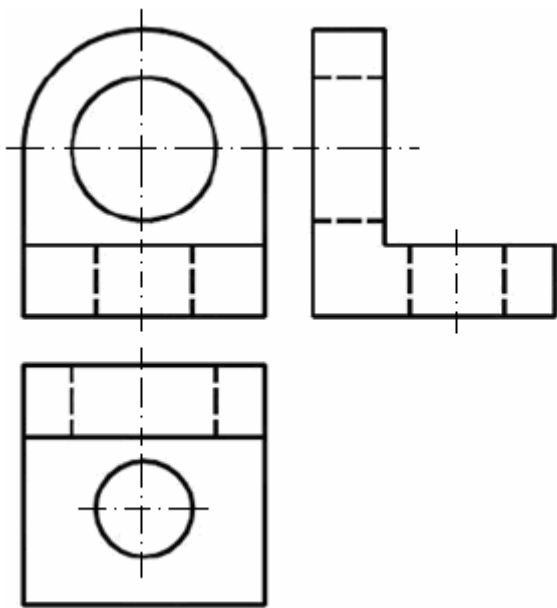


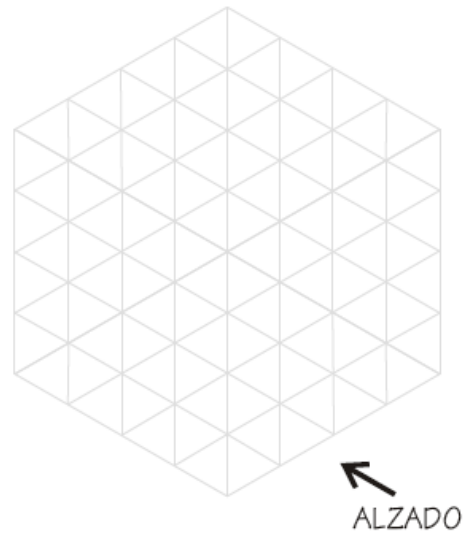
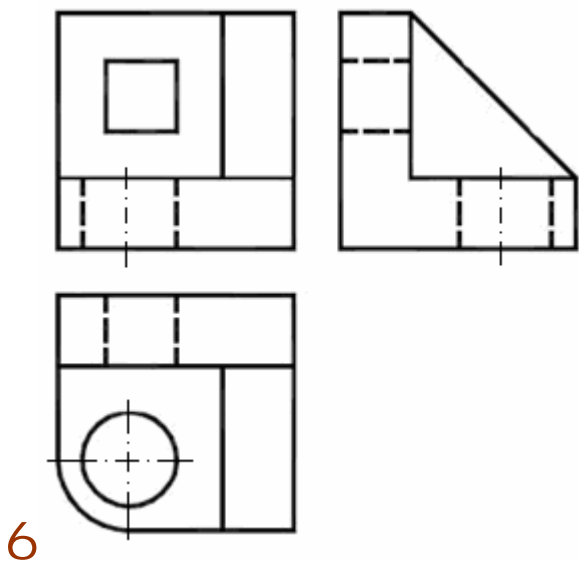
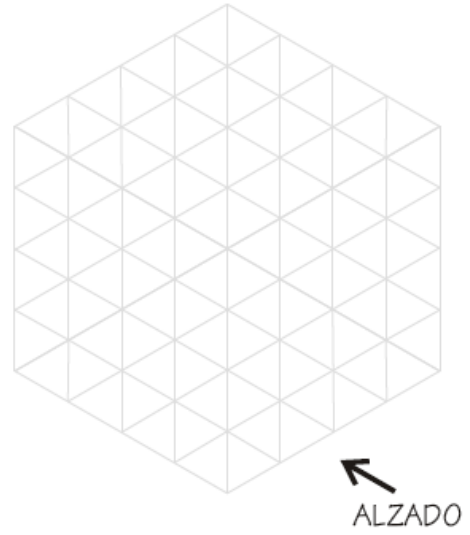
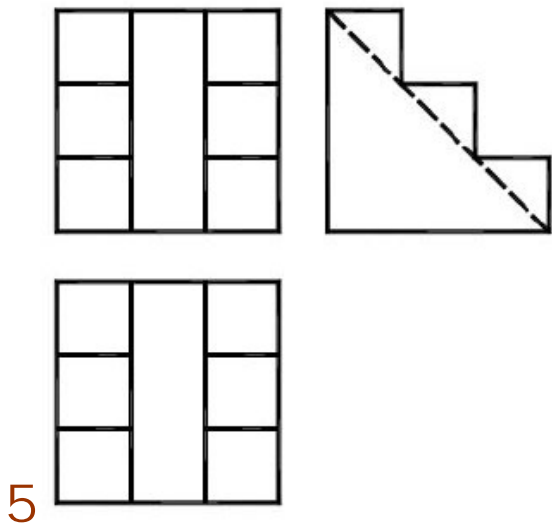
ALZADO

3



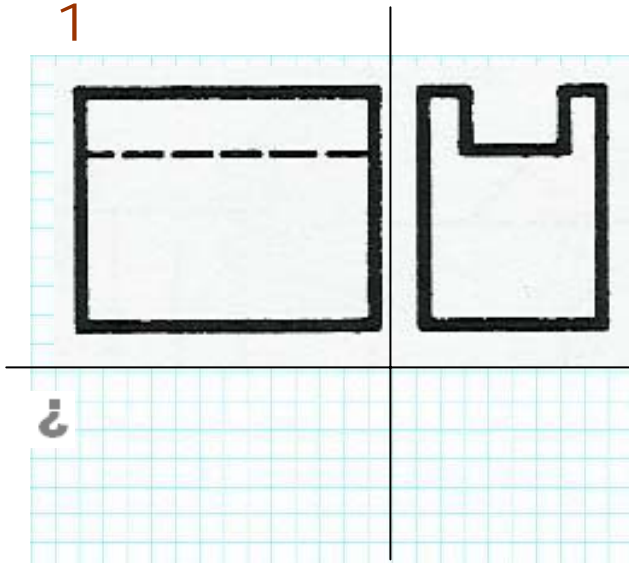
4



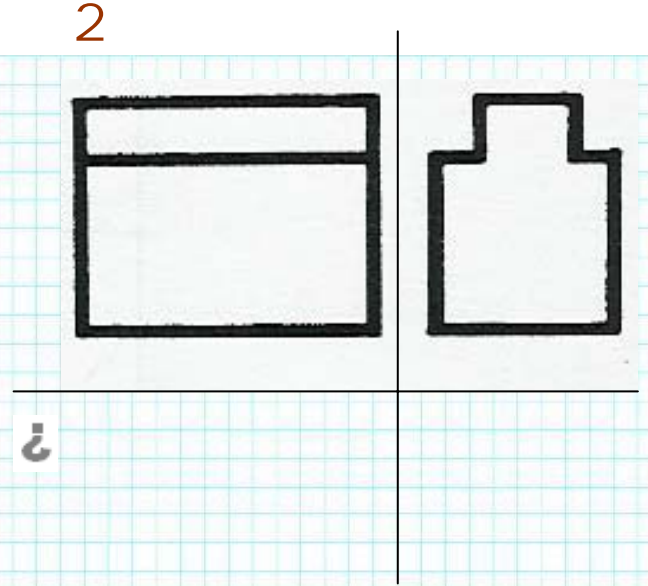


EJERCICIOS. Obtención de TERCERA VISTA propuesta.

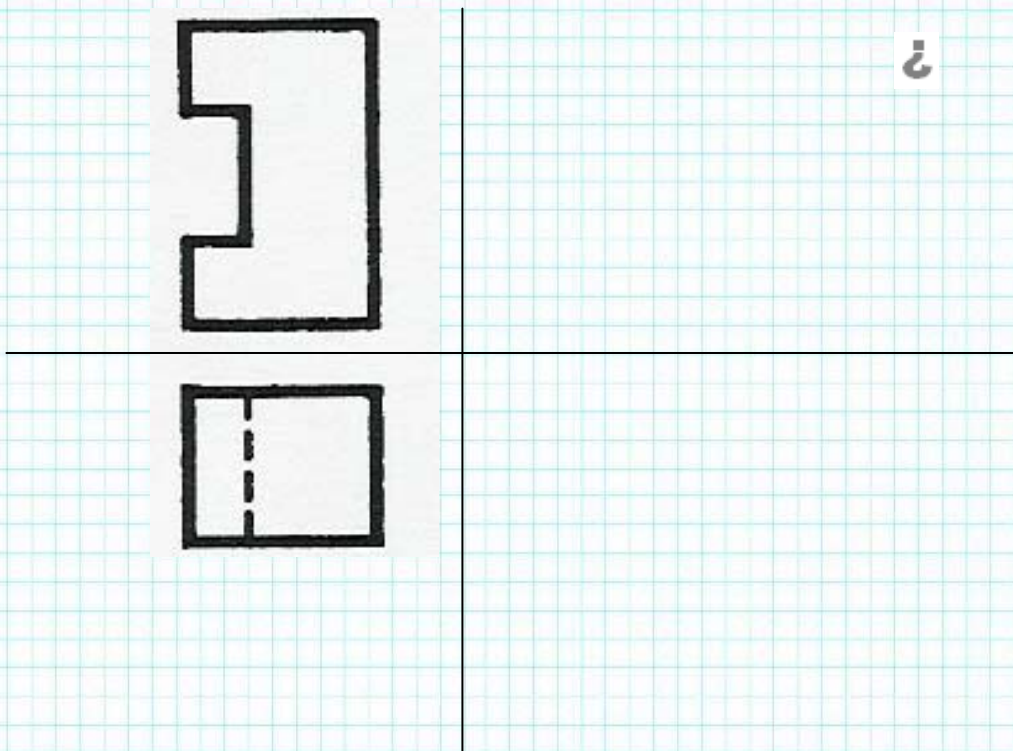
1



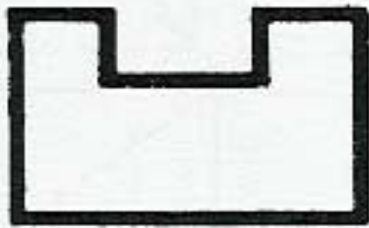
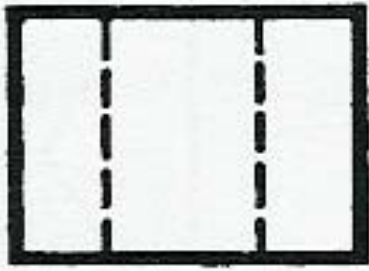
2



3

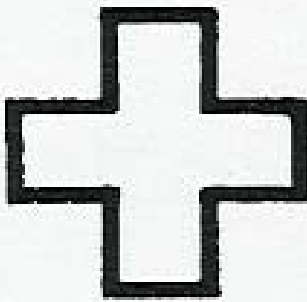
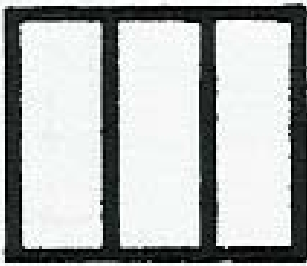


4



?

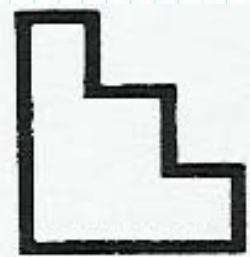
5



?

6

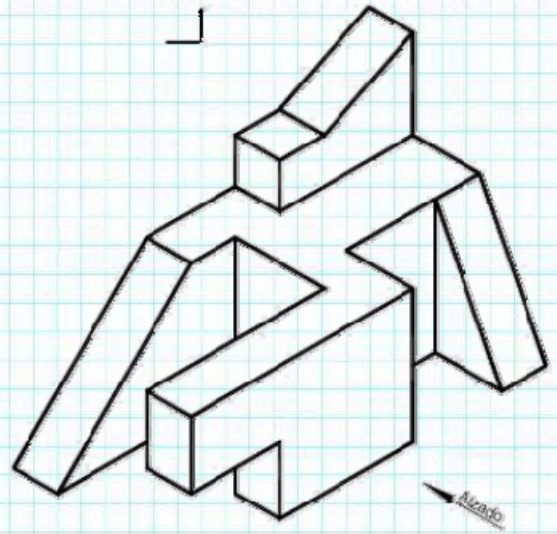
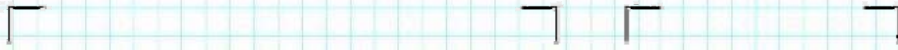
?



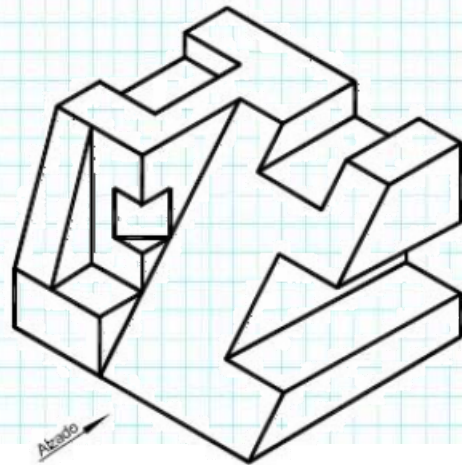
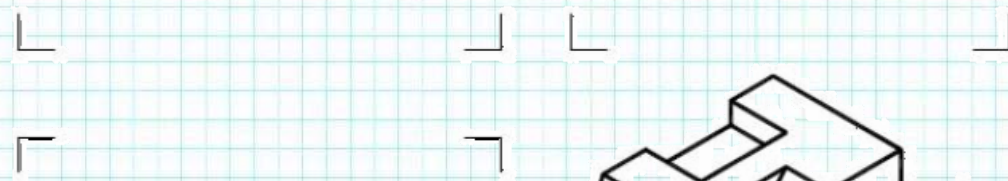
Capítulo 4. Entrenamiento Habilidades

Espaciales. Nivel Intermedio

EJERCICIOS. Obtención de vistas



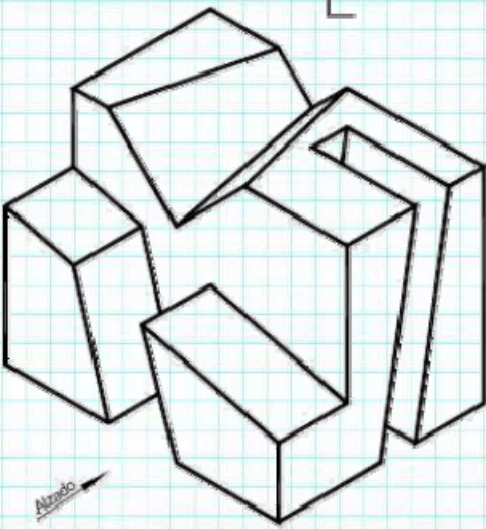
1



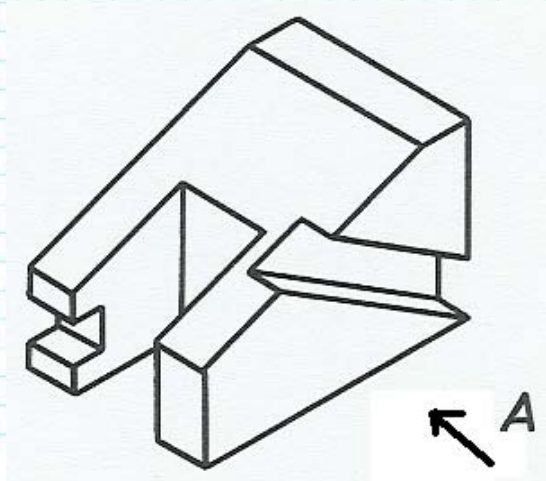
2

I
N
T
E
R
M
E
D
I
O

3

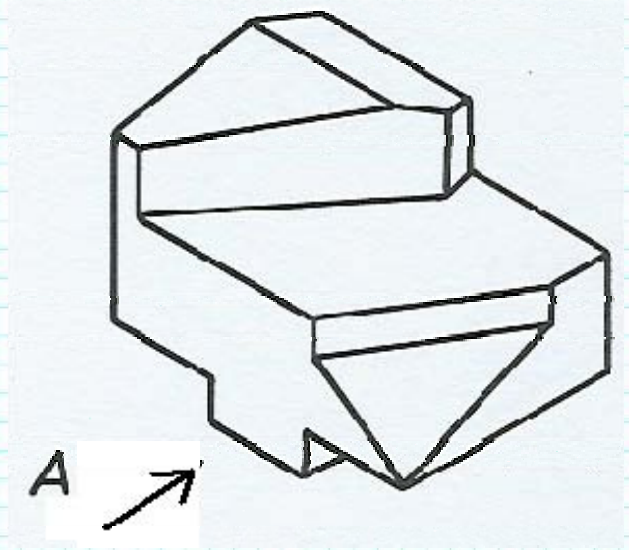


4

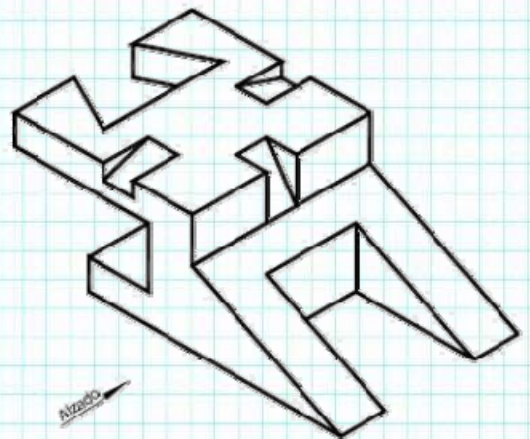


I
N
T
E
R
M
E
D
I
O

5



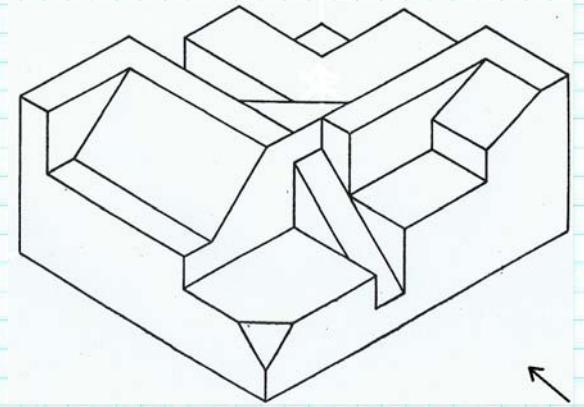
6



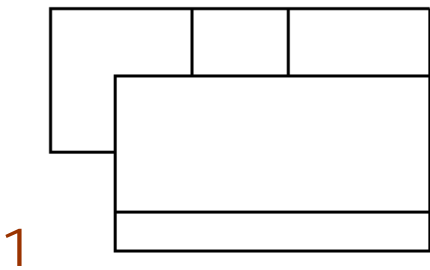
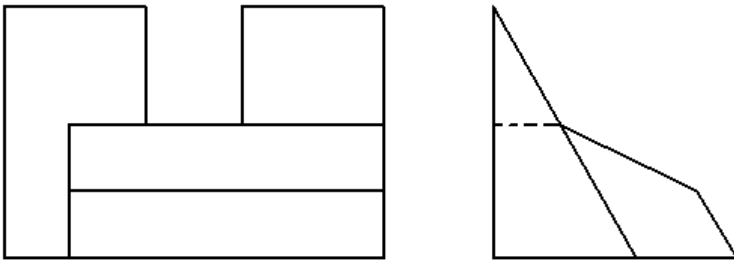
I
N
T
E
R
M
E
D
I
O



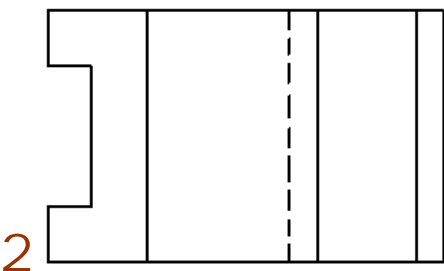
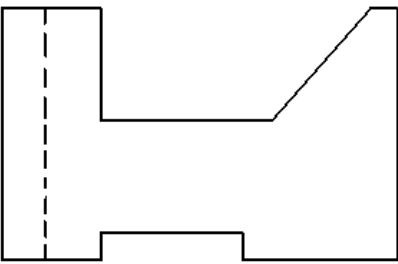
7



EJERCICIOS. Obtención de Perspectivas.
Tenga en cuenta que en ejercicio 2 falta vista de "Perfil".

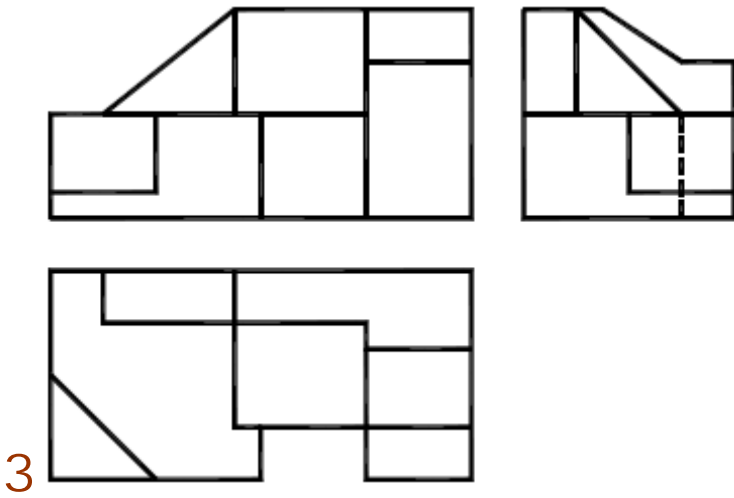


↖
ALZADO

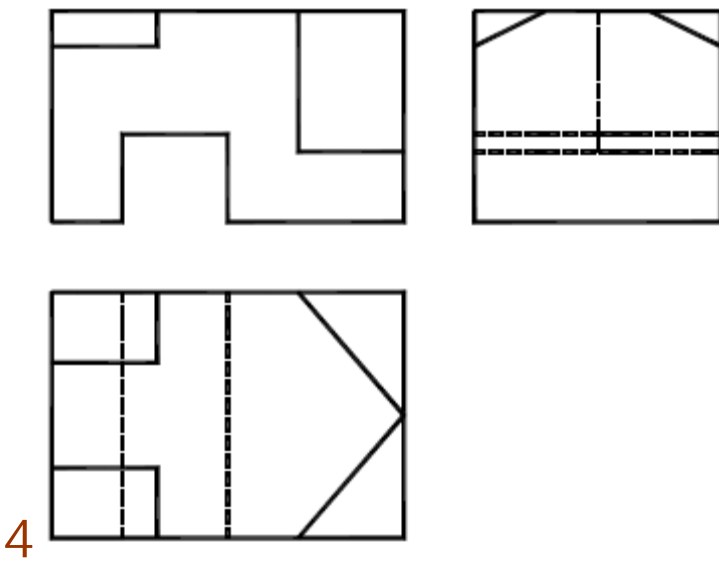


↖
ALZADO

I
N
T
E
R
M
E
D
I
O



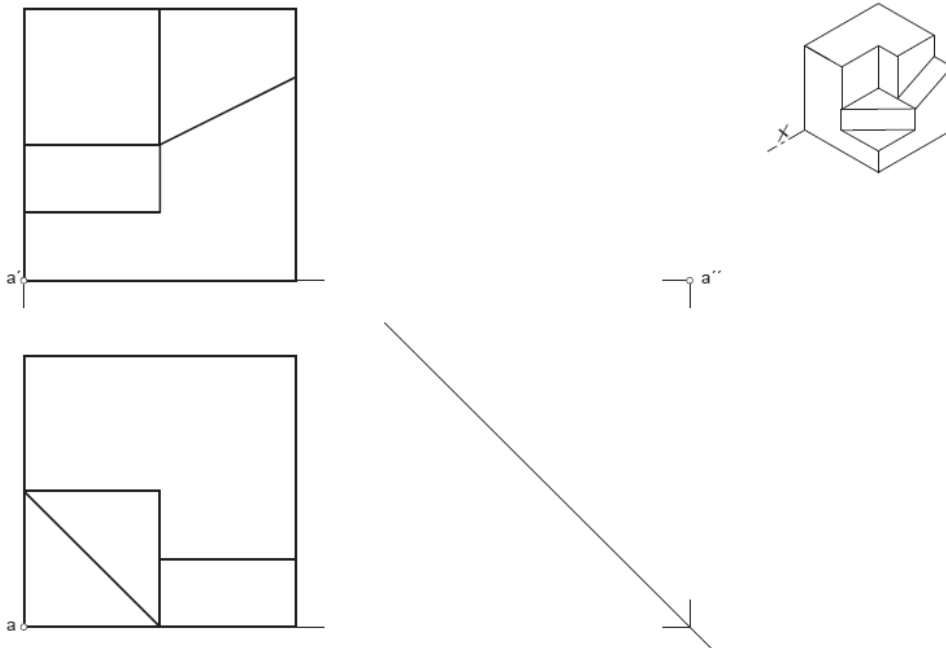
↖
ALZADO



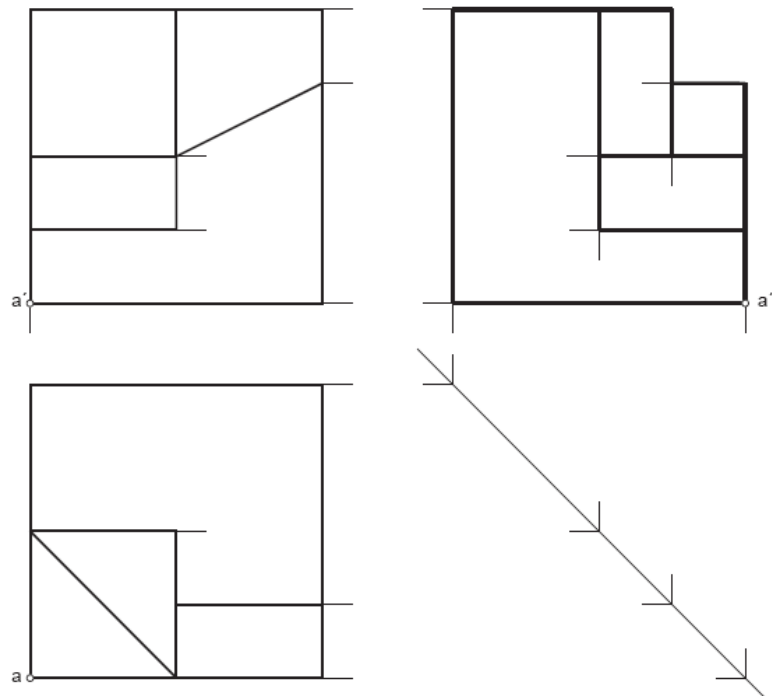
↖
ALZADO

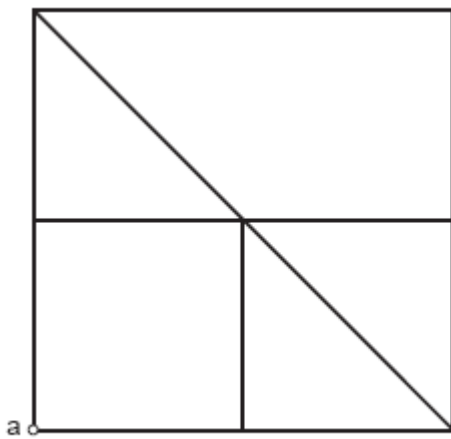
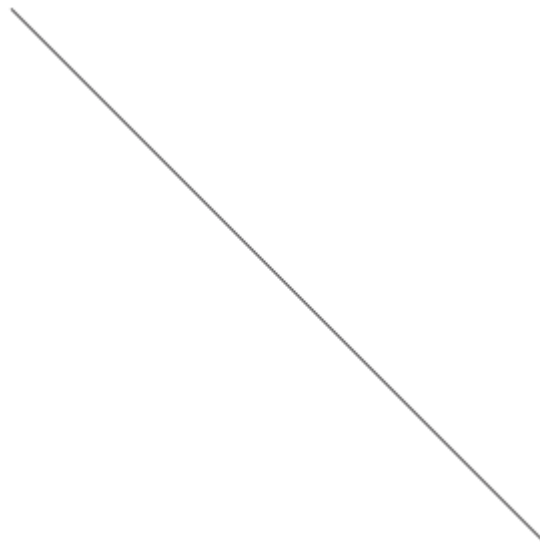
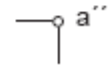
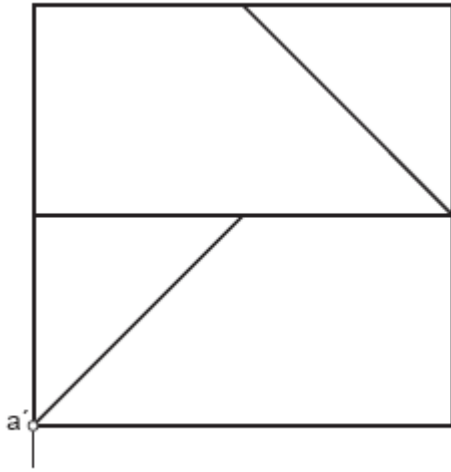
EJERCICIOS. Obtener la vista que falta.

En esta página puedes ver resuelta la forma de obtener el perfil de la pieza propuesta. Realiza los ejercicios propuestos de forma análoga. En los dos primeros ejercicios te puedes ayudar de la perspectiva.

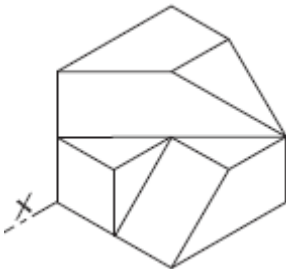


solución

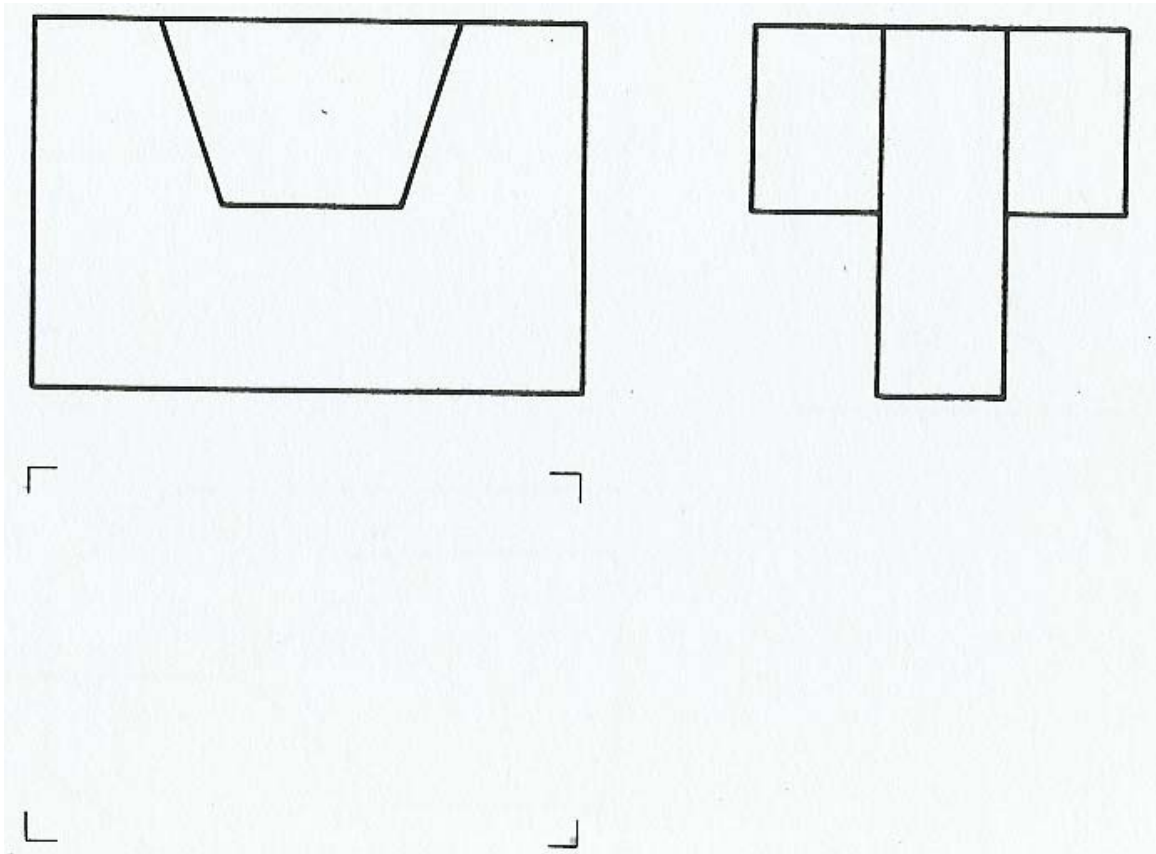




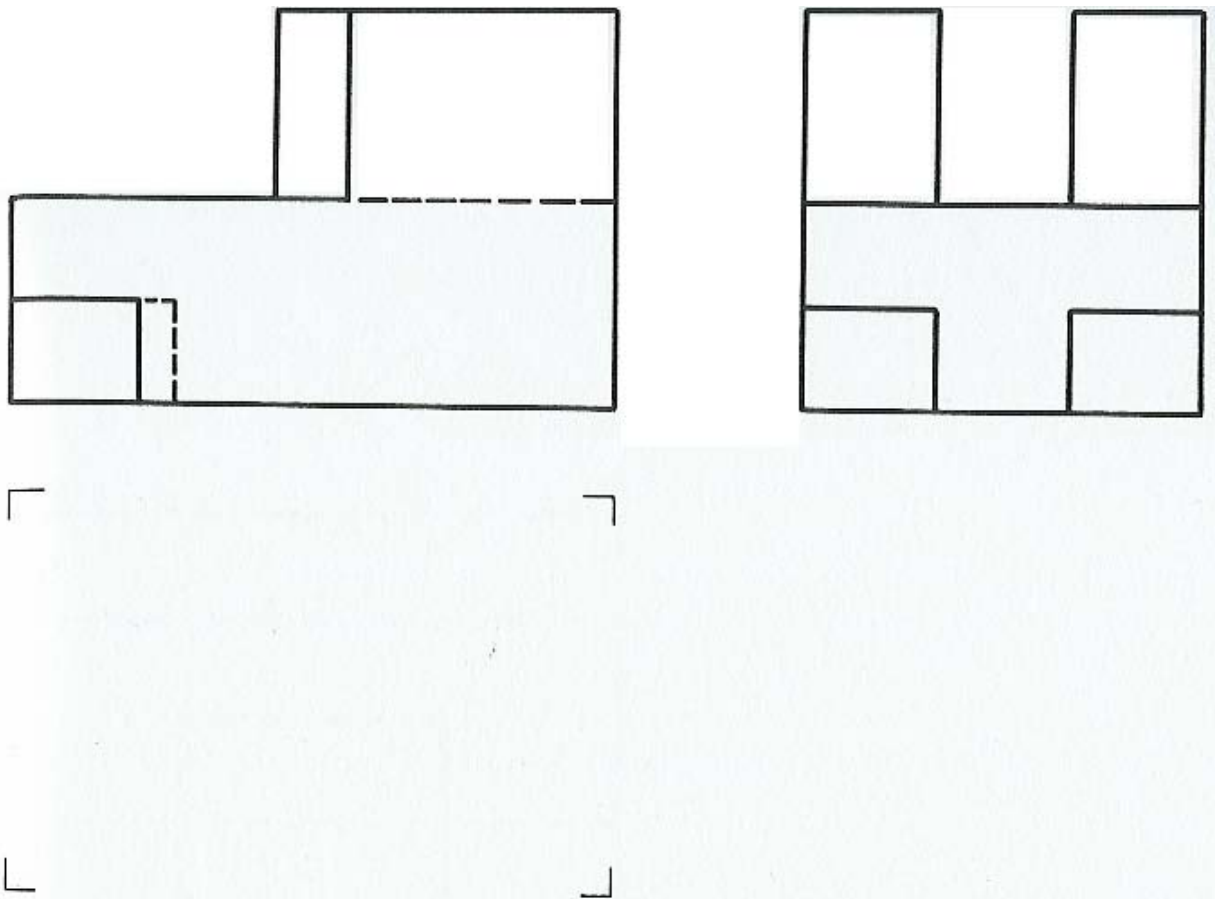
2



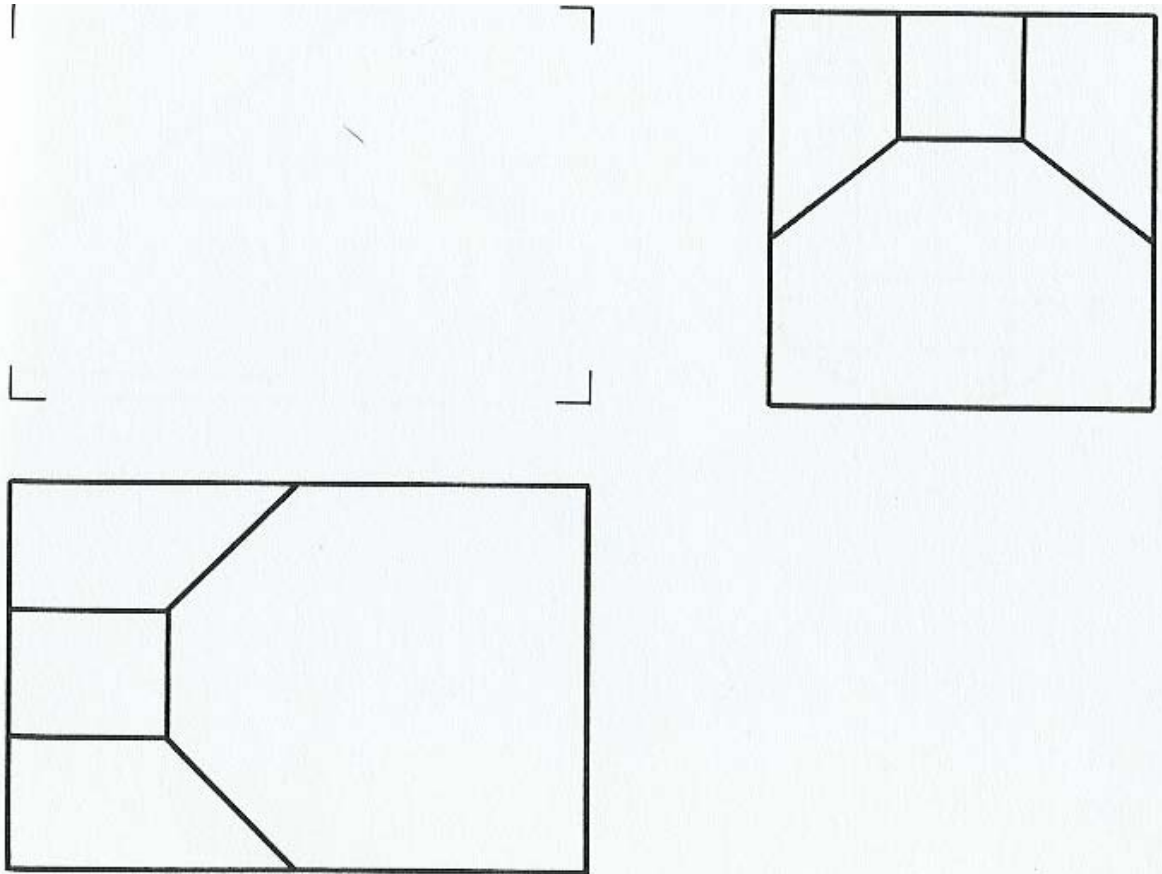
3



4



5



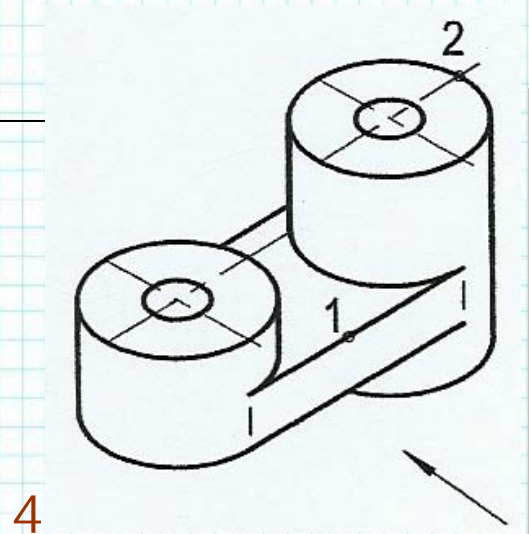
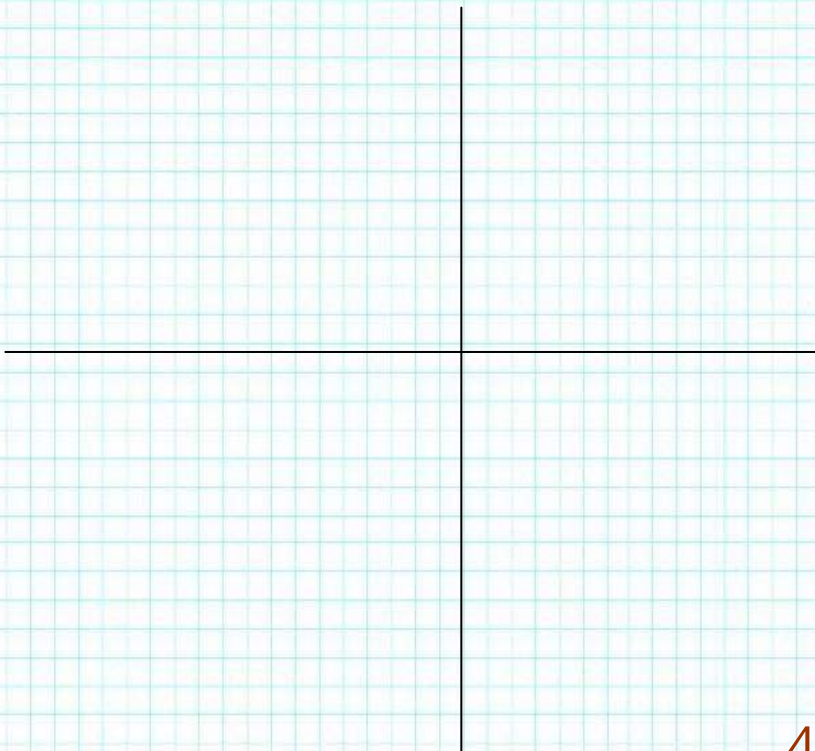
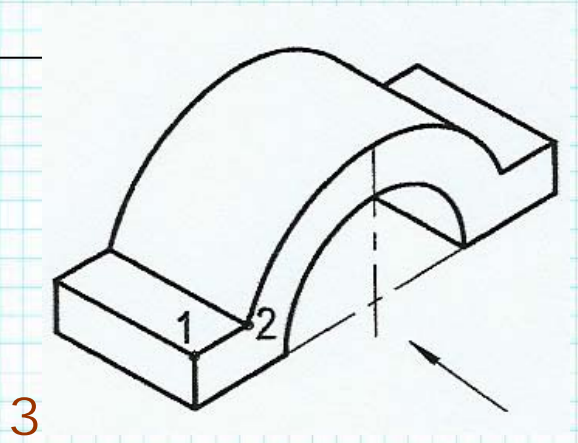
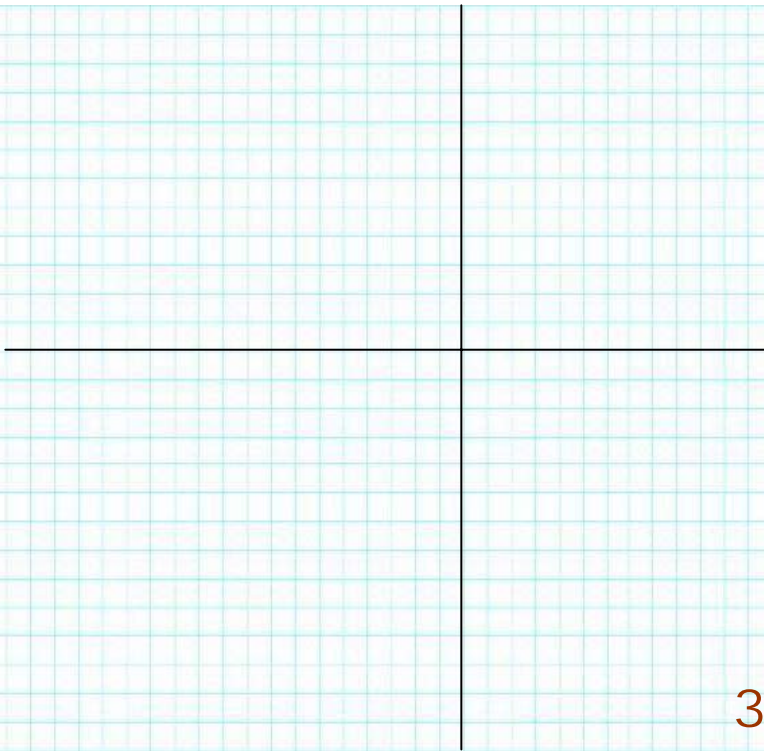
EJERCICIOS. Obtener las vistas mínimas para que la pieza quede perfectamente definida.

1

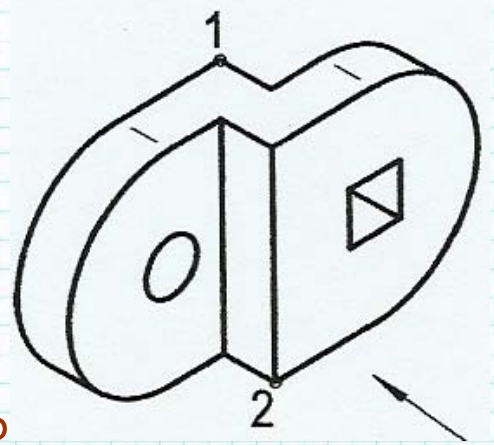
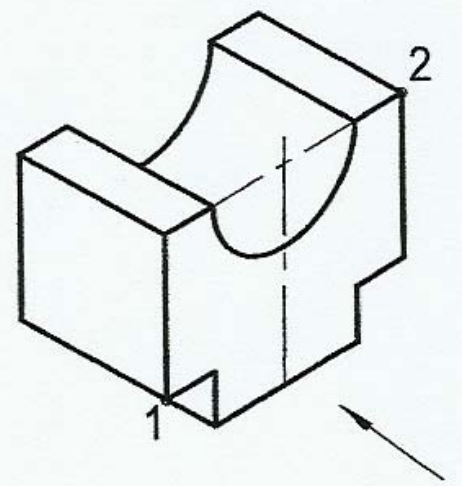
2

I
N
T
E
R
M
E
D
I
O

EJERCICIOS. Obtener las vistas mínimas para que la pieza quede perfectamente definida. Señala sobre las vistas los vértices marcados en la perspectiva



I
N
T
E
R
M
E
D
I
O

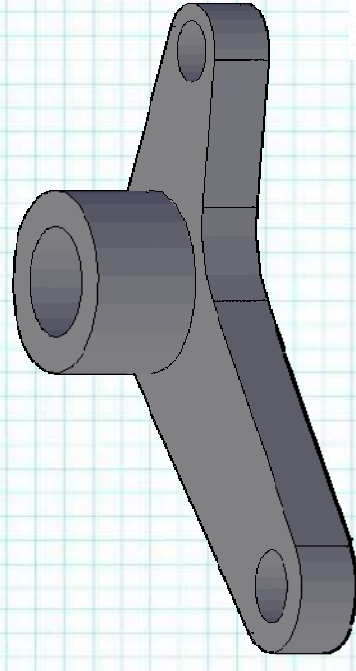


I
N
T
E
R
M
E
D
I
O

EJERCICIOS. Obtención de vistas.

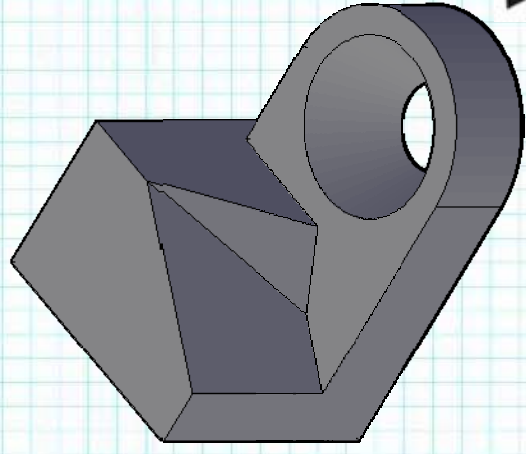
1. Debe tener en cuenta que todos los agujeros de esta pieza son pasantes.

A V A N N A D O



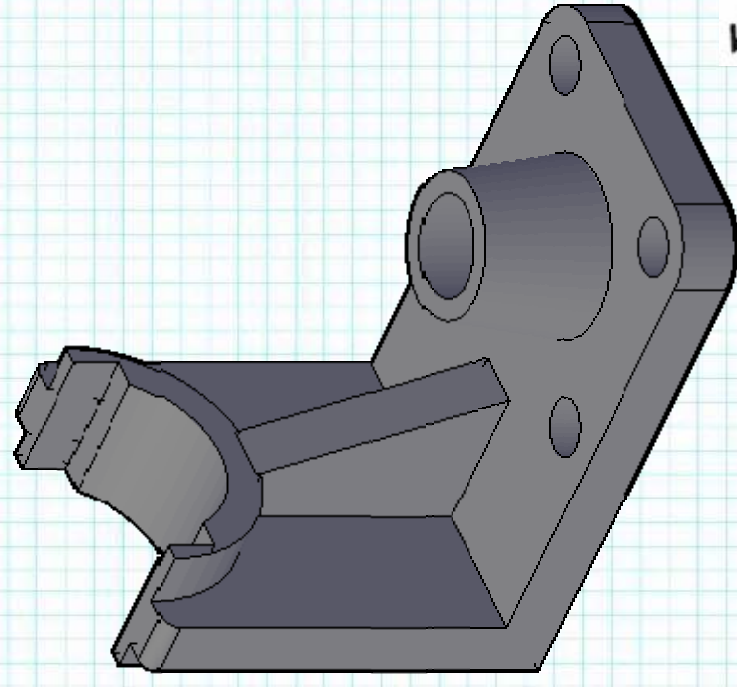
ALZADO

2



ALZADO

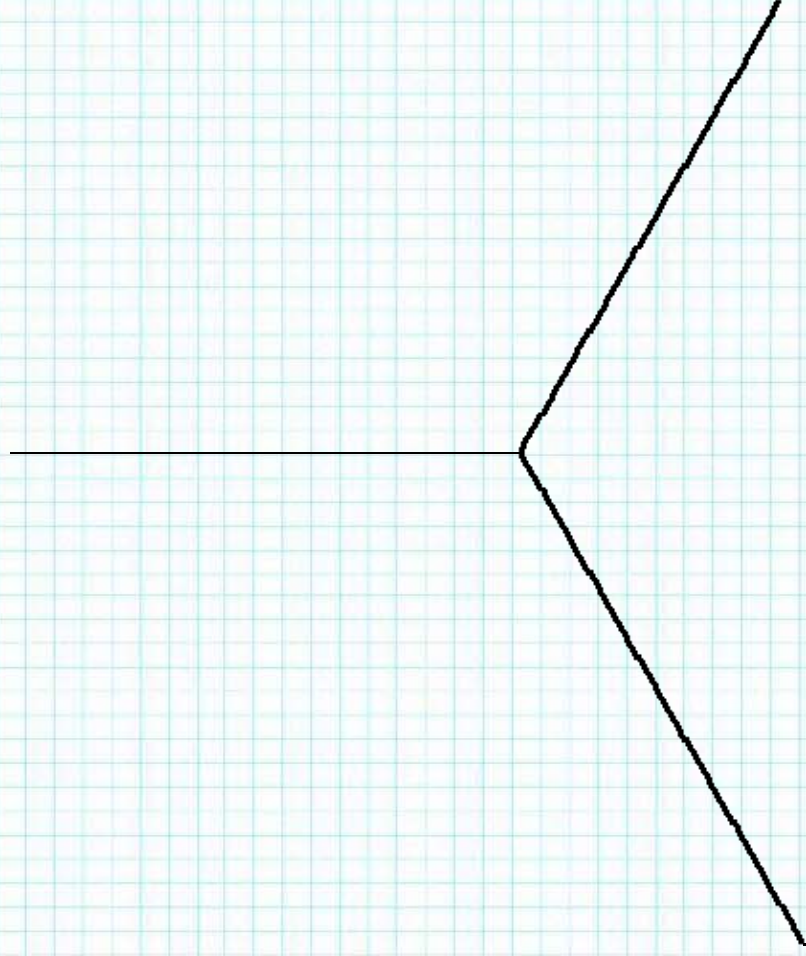
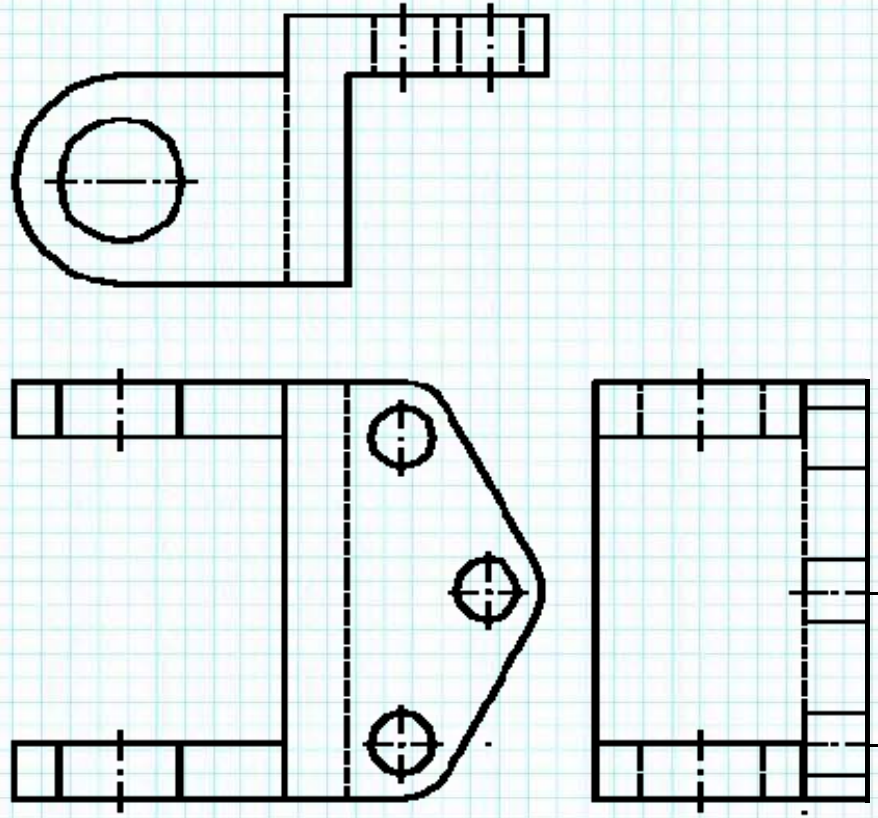
3. Todos los agujeros de esta pieza son pasantes.



ALZADO

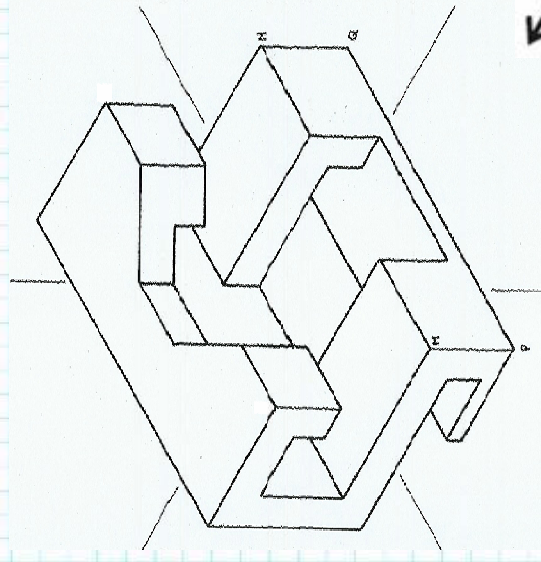
EJERCICIOS OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

4 Dibuja la perspectiva a partir de las vistas propuestas.



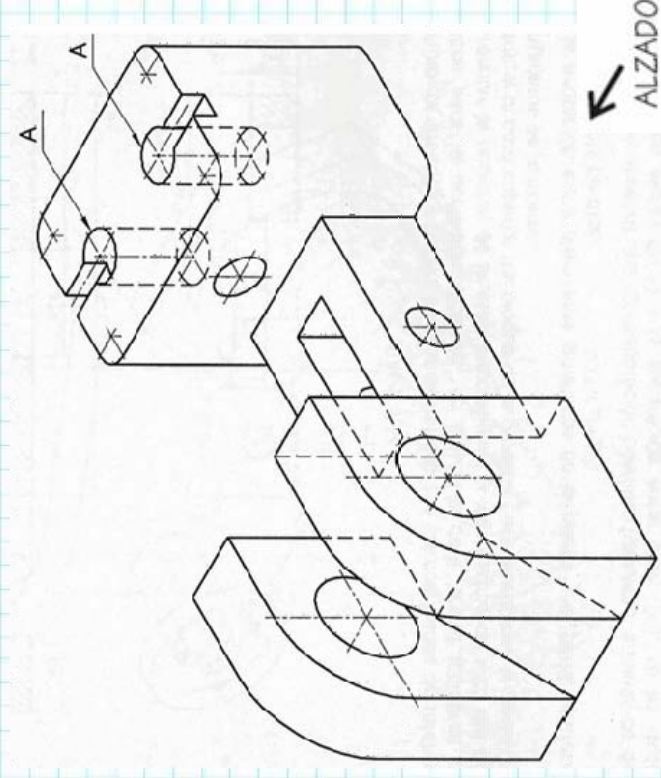
EJERCICIOS. Obtención de vistas rotando perspectiva.

- 5 Representa las vistas, suponiendo que la pieza está apoyada en el plano horizontal en los puntos, M, N, P, Q

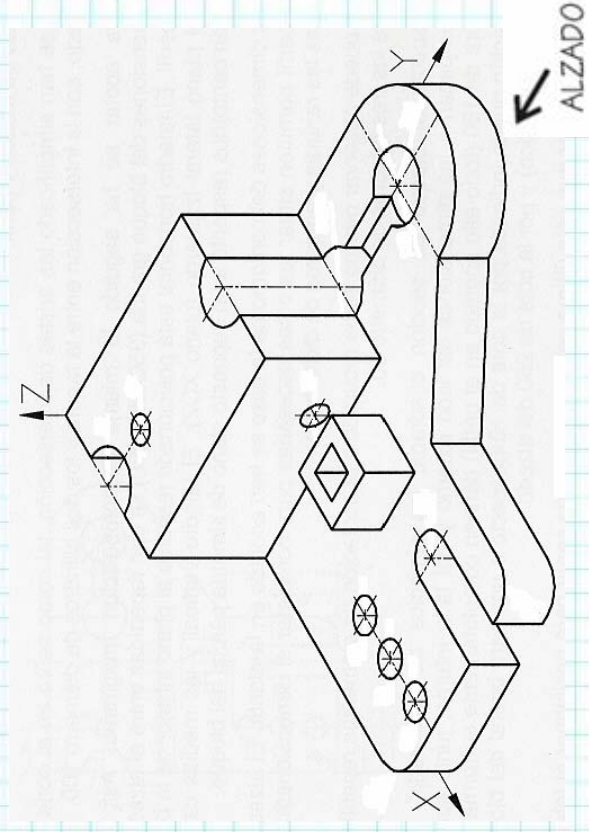


EJERCICIOS. Obtención de vistas.

- 6 Representa las vistas, suponiendo que todas las penetraciones (agujeros y rectángulo) son pasantes excepto los marcados con A.

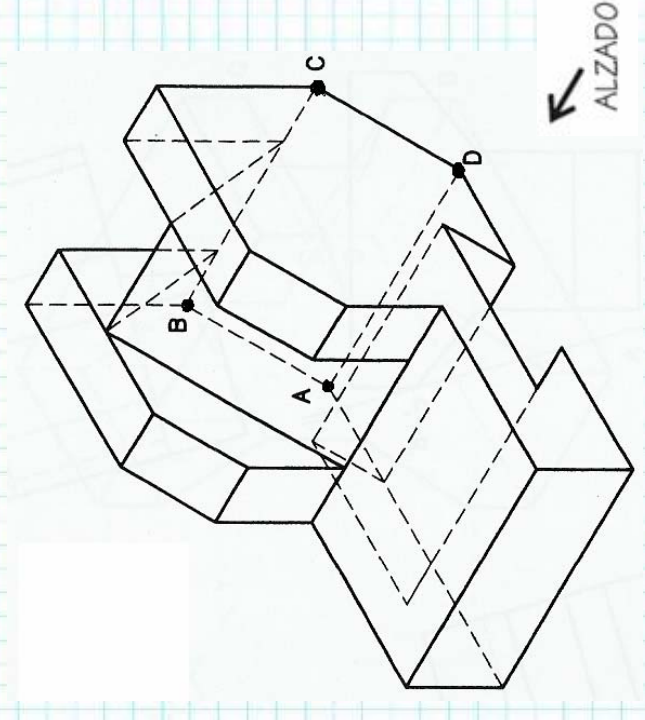


- 7 Representa las vistas, suponiendo que todas las penetraciones son pasantes.



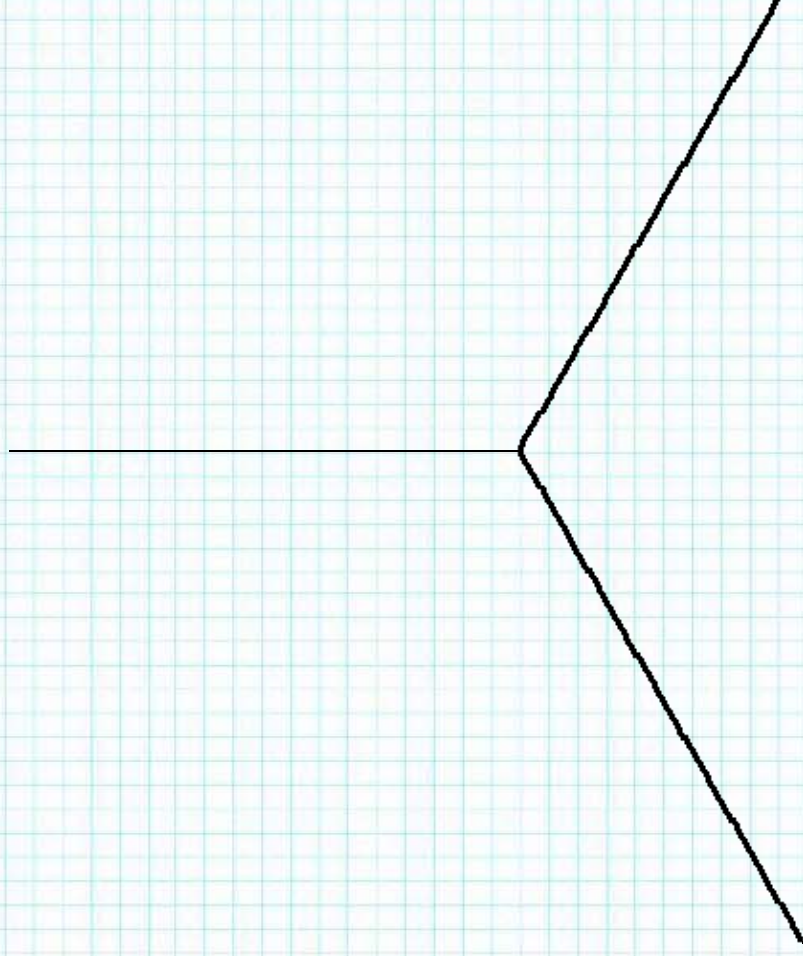
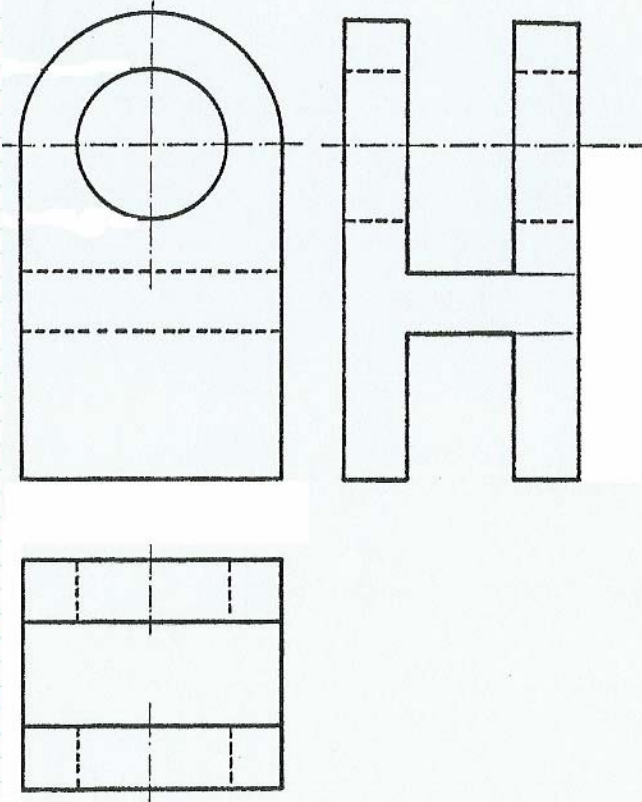
EJERCICIOS. Obtención de vistas rotando perspectiva.

- 8 Representa las vistas, suponiendo que la pieza está apoyada en el plano horizontal en los puntos, A, B, C, D.

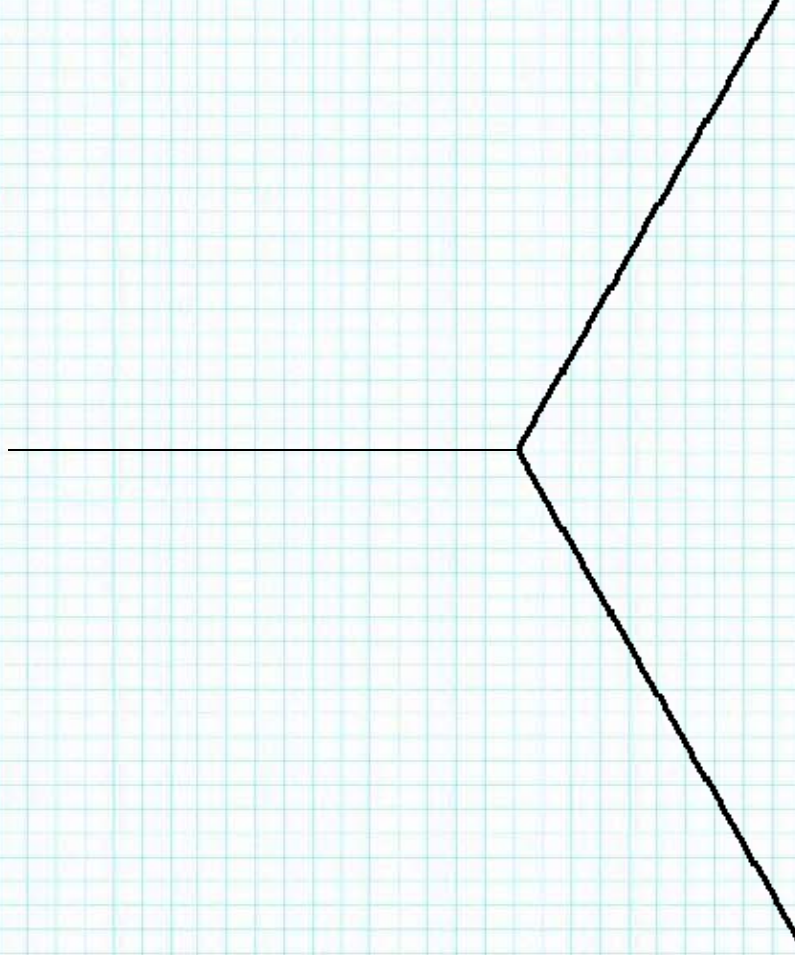
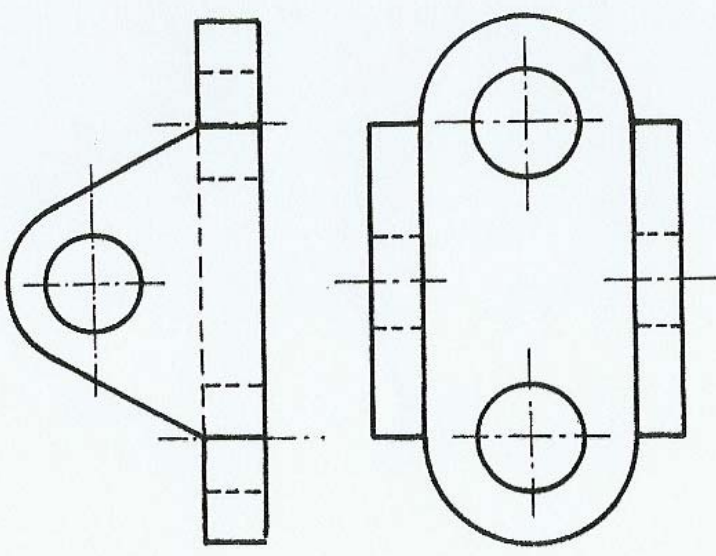


EJERCICIOS OBTENCION DE PERSPECTIVAS.

9 Dibuja la perspectiva a partir de las vistas propuestas.

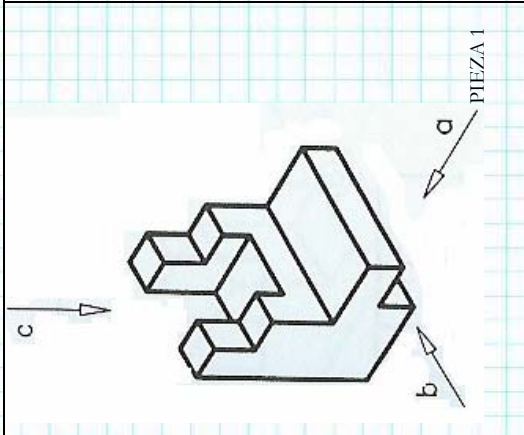
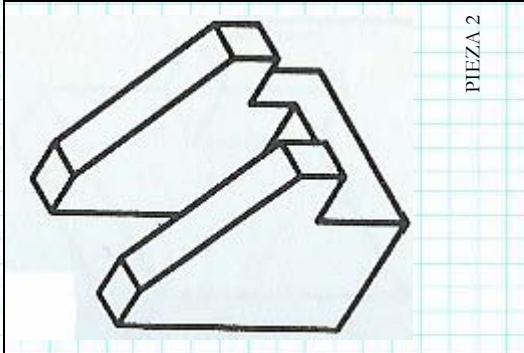
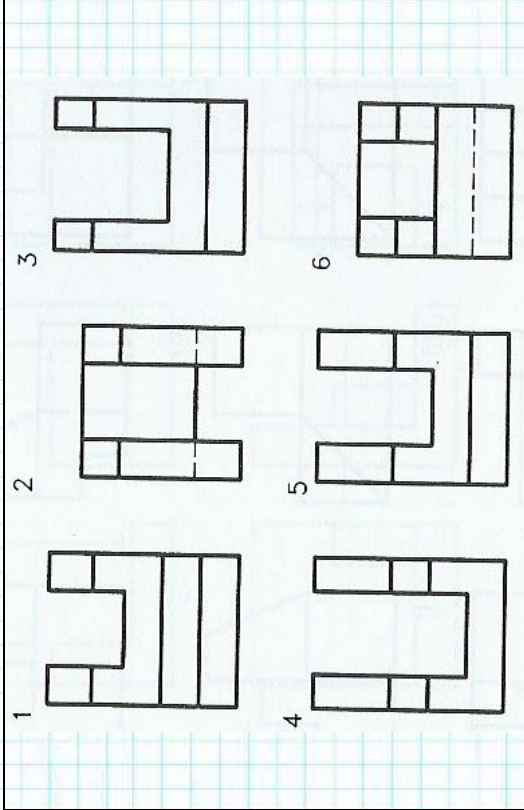
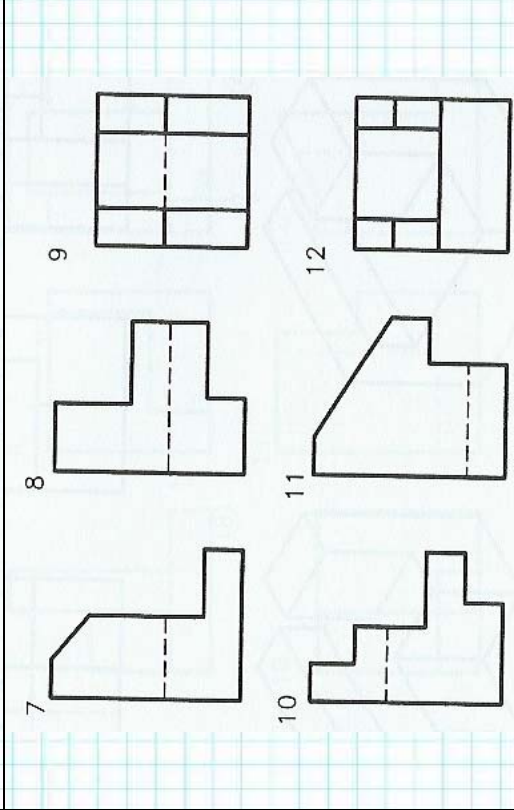


10 Dibuja la perspectiva a partir de las vistas propuestas.



EJERCICIOS. RELACIONAR VISTAS CON PERSPECTIVAS.

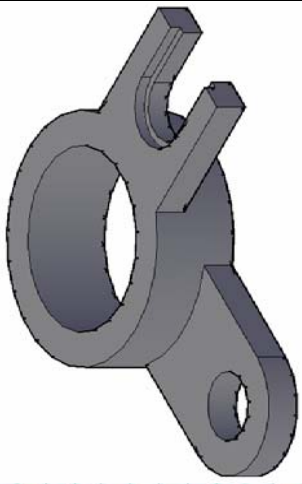
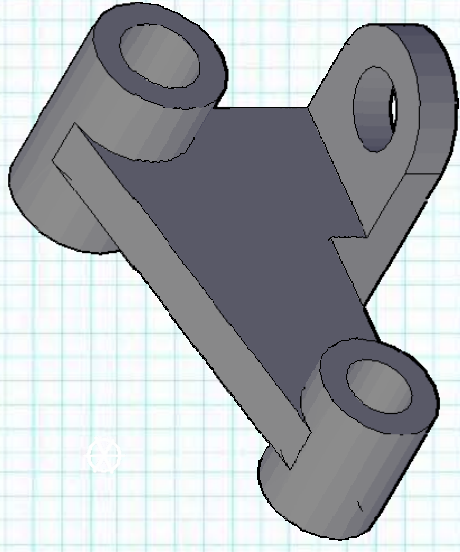
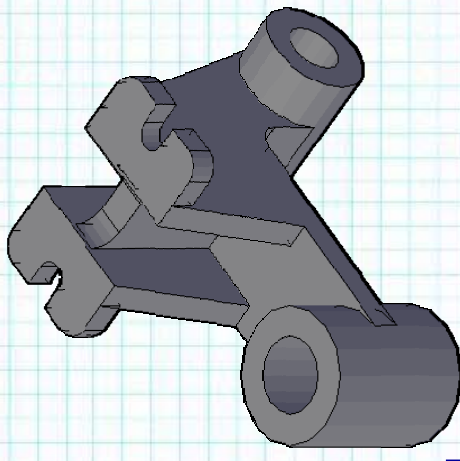
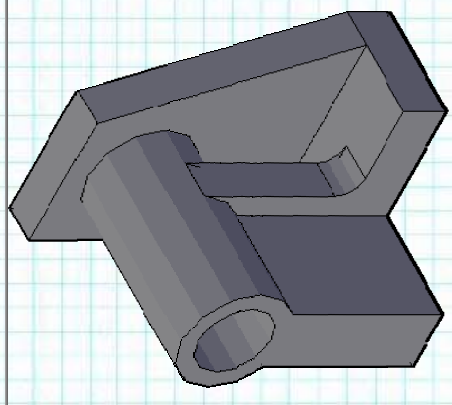
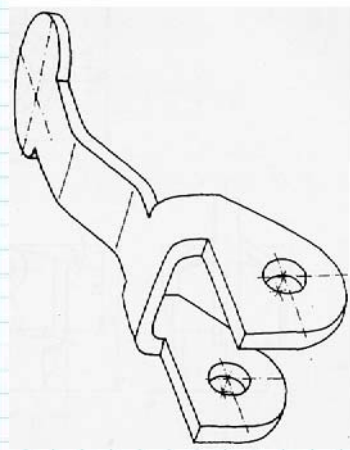
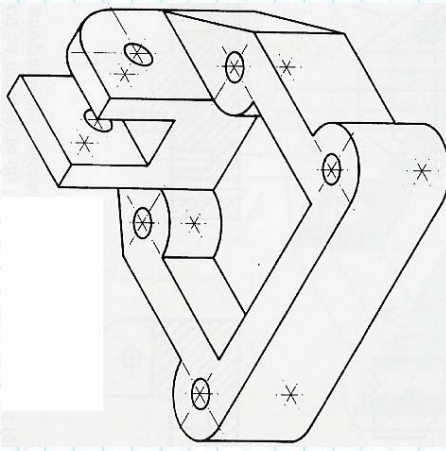
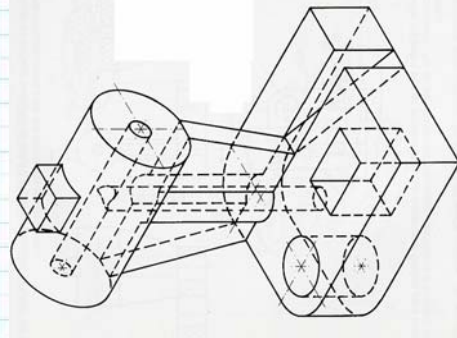
Se proporcionan las vistas de varias piezas, relaciónelas en la tabla según su alzado, planta o perfil. Introducir en las casillas de las tablas el número de la vista que le corresponde.

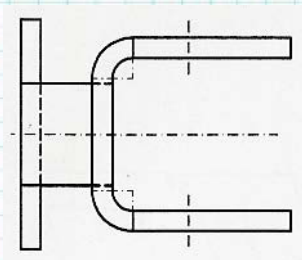
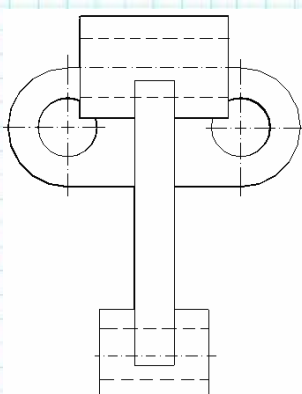
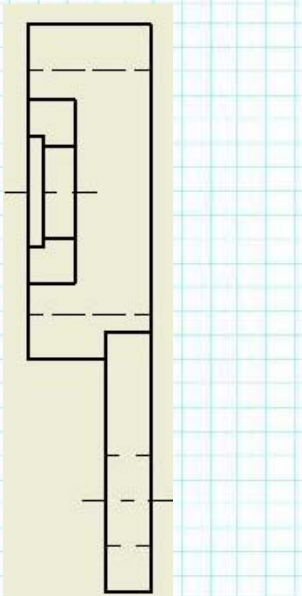
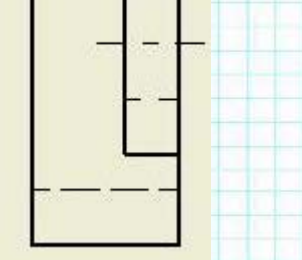
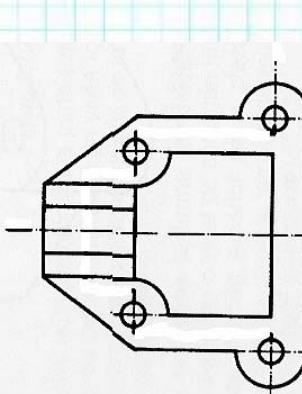
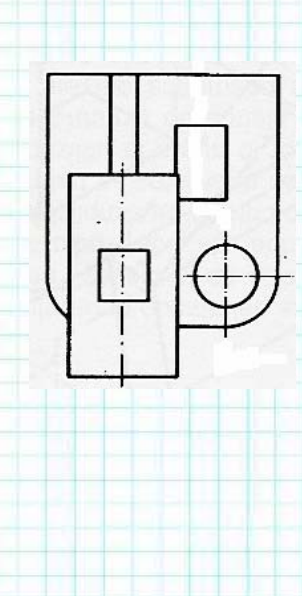
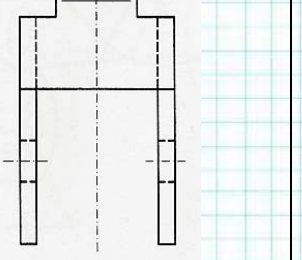
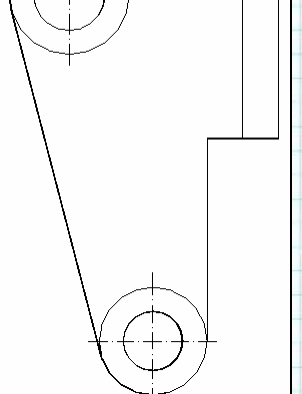
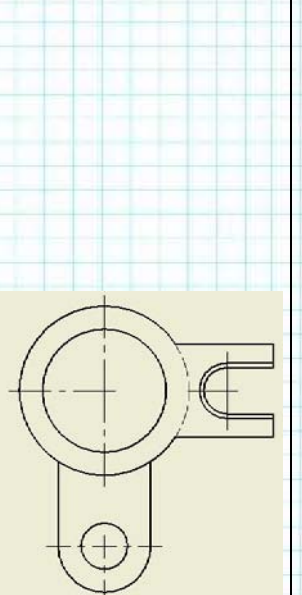
		
<p>PIEZA 1</p>	<p>PIEZA 2</p>	

Alzado (a)
Perfil (b)
Planta (c)

	a	b	c
PIEZA 1			
PIEZA 2			
PIEZA 3			
PIEZA 4			

Se proporcionan varias piezas representadas por perspectiva donde está marcado el Alzado. Identifique en la tabla adjunta la pieza a la que pertenece la vista representada.

<p>Pieza 1</p> 	<p>Pieza 2</p> 	<p>Pieza 3</p> 	<p>Pieza 4</p> 
<p>Pieza 5</p> 	<p>Pieza 6</p> 	<p>Pieza 7</p> 	

<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 	<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 	<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 
<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 	<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 	<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 
<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 	<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 	<p>Pieza nº</p> <p><input type="checkbox"/> Alzado <input type="checkbox"/> Planta <input type="checkbox"/> Perfil</p> 

ANEXO 4

Encuesta de Perfil y características de los estudiantes.

FICHA DE DATOS

Nombre y Apellidos: _____

DNI: _____

Fecha Nacimiento: _____

Sexo: _____

zurdo diestro

Titulación que cursa: _____

Curso: _____

Accede a Universidad vía: (Rodea con un círculo)

Bachiller

FP

Otra Carrera

Mundo laboral

Otras

¿Trabajas actualmente? _____

¿Has estudiado dibujo con anterioridad? _____ ¿Cuántos años? _____

¿Has utilizado alguna aplicación CAD? _____ Nombre del programa: _____

¿Tienes telefono movil? _____ ¿Modelo? _____

¿Juegas con videojuegos habitualmente? _____

¿Cuántas horas le dedicas?

_____ Horas / día _____ Horas / semana

¿Qué plataformas utilizas? (marca con X)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> PC. (Ordenador) | <input type="checkbox"/> Nintendo Game Boy Advance (GBA) |
| <input type="checkbox"/> Sony PSP PlayStation Portátil | <input type="checkbox"/> Nintendo Game Boy Advanced SP |
| <input type="checkbox"/> Sony PlayStation 1 | <input type="checkbox"/> Nintendo GameCube |
| <input type="checkbox"/> Sony PlayStation 2 (PS2) | <input type="checkbox"/> Nokia N-Gage |
| <input type="checkbox"/> Sony PlayStation 3 (PS3) | <input type="checkbox"/> Nokia N-Gage QD |
| <input type="checkbox"/> Nintendo Wii | <input type="checkbox"/> Sega Dreamcast |
| <input type="checkbox"/> Nintendo DS | <input type="checkbox"/> Game Park 32 (GP32) |
| <input type="checkbox"/> Nintendo DS Lite | <input type="checkbox"/> GP2X |
| <input type="checkbox"/> Microsoft Xbox | <input type="checkbox"/> TELEFONO MOVIL |
| <input type="checkbox"/> Microsoft Xbox 360 | <input type="checkbox"/> Otras _____ |

Tipo de videojuegos que usas: (Marca con una X las categorías que usas)

Plataforma (Pokemon, Supermario Bros, etc.)	Estrategia no deportiva (Sims, Comand and Conquer, Age of Empires, Commandos, Black and White, etc.)
Simuladores (GT2, Driver, B-17, Fly Fortress, etc.)	Motor (rallye, carreras coche, motos...)
Accion (Combat, Halo...)	Disparo (Quake, Point Blank, HalfLife, etc.)
Habilidad (Tetris, Puzles...)	Lucha (Tekken, Dead or Alive, Mortal Combat, etc)
Inteligencia (Brain training, ingles, ...)	Aventura Gráfica (Tomb Raider, La Fuga de Monkey Island, etc.)
Practicar algún deporte (Fifa 2001, Snowboard supercross, etc.)	Rol (Final Fantasy, Diablo, Baldur's Gate, etc.)
Estrategia deportiva (Pc Fútbol)	Arcade-clasicos

Nombre y Apellidos: _____

DNI: _____ **Edad:** _____ **Sexo:** _____ zurdo diestro

Titulación que cursa: _____ **Curso:** _____

Accede a Universidad vía: (Pon una X)

Bachiller FP/Ciclos Otra Mundo Otras
Carrera laboral

¿Cuál es tu nota de P.A.U.? _____ ¿Trabajas actualmente? Sí No

¿Has estudiado dibujo con anterioridad? Sí No ¿Cuántos años? _____

¿En qué niveles? (ESO, Bachiller, Ciclos formativos, etc.) _____

¿Has utilizado alguna aplicación CAD? Sí No

Nombre del programa: _____

NUEVAS TECNOLOGÍAS

¿Qué grado de interés tienes por el mundo de la informática, los ordenadores y los avances tecnológicos en general?

Nada Poco Algo Bastante Mucho

¿Qué tecnologías usas de la siguiente lista?

Móvil Cámaras MP3/MP4 Consolas Consolas
digitales de portátiles
GPS PDA/Palm Otras Ninguna
sobremesa

¿Posees alguna de estas tecnologías? Di cuál: _____

¿Cuántas horas diarias utilizas el ordenador?

< 1 h 1-2 2-4 4-8 >8 h

Utilizas el ordenador para:

Estudiar Trabajar Entreteni- No lo uso Otros
miento

¿Juegas con videojuegos? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Qué plataformas utilizas?
<input type="checkbox"/> PC. (Ordenador)	<input type="checkbox"/> Nintendo Game Boy Advance (GBA)
<input type="checkbox"/> Sony PSP PlayStation Portátil	<input type="checkbox"/> Nintendo Game Boy Advanced SP
<input type="checkbox"/> Sony PlayStation 1	<input type="checkbox"/> Nintendo GameCube
<input type="checkbox"/> Sony PlayStation 2 (PS2)	<input type="checkbox"/> Nokia N-Gage
<input type="checkbox"/> Sony PlayStation 3 (PS3)	<input type="checkbox"/> Nokia N-Gage QD
<input type="checkbox"/> Nintendo Wii	<input type="checkbox"/> Sega Dreamcast
<input type="checkbox"/> Nintendo DS	<input type="checkbox"/> Game Park 32 (GP32)
<input type="checkbox"/> Nintendo DS Lite	<input type="checkbox"/> GP2X
<input type="checkbox"/> Microsoft Xbox	<input type="checkbox"/> TELEFONO MOVIL
<input type="checkbox"/> Microsoft Xbox 360	<input type="checkbox"/> Otras _____

¿Cuántas horas le dedicas? _____ H día _____ H semana

Tipo de videojuegos que usas: (Marca con una X)

<input type="checkbox"/> Plataforma (Pokemon, Supermario Bros, etc.)	<input type="checkbox"/> Estrategia no deportiva (Sims, Comand and Conquer, Age of Empires, Commandos, Black and White, etc.)
<input type="checkbox"/> Simuladores (GT2, Driver, B-17, Fly Fortress, etc.)	<input type="checkbox"/> Motor (rallye, carreras coche, motos...)
<input type="checkbox"/> Accion	<input type="checkbox"/> Disparo (Quake, Point Blank, Halflife, etc.)
<input type="checkbox"/> Habilidad	<input type="checkbox"/> Lucha (Tekken, Dead or Alive, Mortal Combat, etc)
<input type="checkbox"/> Inteligencia	<input type="checkbox"/> Aventura Gráfica (Tomb Raider, La Fuga de Monkey Island, etc.)
<input type="checkbox"/> Practicar algún deporte (Fifa 2001, Snowboard supercross, etc.)	<input type="checkbox"/> Rol (Final Fantasy, Diablo, Baldur's Gate, etc.)
<input type="checkbox"/> Estrategia deportiva (Pc Fútbol)	<input type="checkbox"/> Arcade-clasicos
	<input type="checkbox"/> Otros

Títulos de juegos que sueles jugar: _____

¿Con qué frecuencia te conectas a internet?

Nunca Rara vez Una vez Dos o tres Todos
al mes veces a la los días
semana

¿Dónde te sueles conectar a internet?

Desde Universidad Ciber Casa de No me
casa / trabajo amigo conecto

¿Qué tipo de conexión tienes en casa?

Inalám ADSL Teléfono TV Cable Otras
brica

No
dispong
o

¿Qué servicios de internet usas habitualmente?

E-mail Chats Búsquedas Juegos Descarg
as
(música,
pelis,
etc)

Otros: _____

USO DEL MÓVIL

¿Tienes teléfono móvil? Sí No **Marca:** _____ **Modelo:** _____

3G: Sí No **Pantalla Grande:** Sí No

¿Qué servicios del teléfono móvil utilizas?

Internet SMS MMS Descarga Descarga
de juegos de música
Descarga Cámara Oír Ver Vídeos Otros
de tonos digital música

¿Qué tipo de contrato tiene? Prepago Contrato

¿Qué operador de telefonía utilizas?

Movistar Vodafone Orange Yoigo Otros

¿Cuántos SMS mandas diariamente aproximadamente? _____

¿Quién costea el consumo de tu móvil?

Yo Mis El trabajo Otros
padres

¿Estarías interesado en participar en un CURSO DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES? Sí No

ANEXO 5

Encuestas de Usabilidad y Satisfacción de los cursos y aplicación DIEDRO-3D.

Sexo Hombre
 Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realiza un entrenamiento de Habilidades Espaciales? Si
 No

¿Cuántas horas totales has asistido al curso?
 2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este curso como preparatorio a los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica / Geometría descriptiva que vas a cursar? Si
 No

¿Cómo te enteraste de la realización de este curso?

- En el momento de matricularme en secretaria.
- Por carteles que lo anunciaban.
- Por compañeros.
- En la Web de la universidad.
- Conversaciones con los profesores.
- Información del profesor en clase.
- Otro.

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utiliza el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software ha utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con su experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es..... Nada Principiante intermedio Avanzado

	Nada	Principiante	intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Windows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Macintosh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lenguajes de programación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesadores de Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hojas de Calculo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bases de Datos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas corporativos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas de Información geográficos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edición Gráfica (fotografía)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD – Dibujo por ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicaciones multimedia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navegadores y buscadores por Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Correo electrónico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Juegos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Películas en DVD / avi, mpg, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras aplicaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OPINION DEL CURSO.

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
D1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D2	El sistema de Realidad Aumentada, utilizado en el entrenamiento es agradable de usar.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D3	El curso realizado mediante Realidad Aumentada ¿te parece útil para mejorar el nivel de visión espacial?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D4	Para realizar este curso, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D5	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios de este curso?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D6	¿Dónde preferirías realizar los ejercicios planteados en RA?	<input type="checkbox"/> En el aula de la asignatura <input type="checkbox"/> En aulas de informática de la universidad <input type="checkbox"/> En ordenador de casa <input type="checkbox"/> Otra
D7	¿Como valoras la tecnología de Realidad Aumentada para trabajar con modelos tridimensionales?	<input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy mala
D8	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
D9	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Muy Original <input type="checkbox"/> Original <input type="checkbox"/> Poco Original
D10	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Muy útil <input type="checkbox"/> útil <input type="checkbox"/> Poco útil
D11	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante
D12	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Flexible <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Rígida
D13	Opinión Global del curso	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

E1	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Grafica?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E2	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E3	¿Habrías preferido este curso basado dibujar y croquizar en papel?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

ENCUESTA – CURSO DESARROLLO HABILIDADES ESPACIALES MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA
ESTA ENCUESTA ES ANONIMA

E4	¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso?	<input type="checkbox"/> Dibujar a mano - croquis <input type="checkbox"/> Programa de ordenador <input type="checkbox"/> Teléfono móvil <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior, me gustó en Realidad Aumentada.
E5	Si pudieras tocar y manipular las piezas físicamente o en el ordenador para rotarlas, girarlas...¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar la pieza?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E6	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé

E7	Escribe Problemas que has encontrado en el curso de Realidad Aumentada (si lo desea puede hacer su aportación)	
E8	Sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras en el curso de Realidad Aumentada	

Sexo Hombre
 Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realiza un entrenamiento de Habilidades Espaciales? Si
 No

¿Cuántas horas totales has asistido al curso?
 2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este curso como preparatorio a los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica / Geometría descriptiva que vas a cursar? Si
 No

¿Cómo te enteraste de la realización de este curso?

- En el momento de matricularme en secretaria.
- Por carteles que lo anunciaban.
- Por compañeros.
- En la Web de la universidad.
- Conversaciones con los profesores.
- Información del profesor en clase.
- Otro.

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utiliza el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software ha utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con su experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es..... Nada Principiante intermedio Avanzado

	Nada	Principiante	intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Windows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Macintosh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lenguajes de programación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesadores de Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hojas de Calculo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bases de Datos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas corporativos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas de Información geográficos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edición Gráfica (fotografía)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD – Dibujo por ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicaciones multimedia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navegadores y buscadores por Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Correo electrónico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Juegos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Películas en DVD / avi, mpg, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras aplicaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MATERIAL y CONTENIDO E.T.

Valora el grado de acuerdo en las siguientes cuestiones.

1	2	3	4	5	6
Totalmente Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No sabe / No contesta

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO					
		1	2	3	4	5	6
1	El material del curso tiene una buena y cuidada presentación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	El contenido teórico del curso (la teoría) es claro, bien estructurado y fácil de entender.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	El formato de los contenidos teóricos es adecuado. (colores, tipo de texto, dibujos explicativos, dibujos de mano cogiendo piezas, posiciones del humano...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	La estructura del curso por niveles y tipología de ejercicios es adecuada. (se entiende que cada nivel superior tiene mayor grado de dificultad)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	El número de ejercicios propuestos diariamente son suficientes para trabajar durante las dos horas diarias.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	El nivel de dificultad de los ejercicios los considero adecuados en cada nivel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	En el nivel de evaluación hay 6 ejercicios. ¿Cuántos ha tenido correctos? **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OPINION.

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
2	Para realizar este curso, ¿Crees que podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
3	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios de este curso?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
4	En caso afirmativo, ¿Qué tipo de material crees que te habría ayudado más?	<input type="checkbox"/> Más explicación del profesor. <input type="checkbox"/> Más apuntes o libros. <input type="checkbox"/> Las piezas reales, que las pudiera tocar. <input type="checkbox"/> Dibujo de las piezas en tres dimensiones en el ordenador para poder girarla. <input type="checkbox"/> Algún método para poder visualizar la pieza en tres dimensiones. <input type="checkbox"/> _____
5	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que has realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece....	<input type="checkbox"/> Muy Útil <input type="checkbox"/> Útil <input type="checkbox"/> Poco Útil
6	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que has realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
7	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que has realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante

8	Opinión Global del curso realizado en papel	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala
---	---	--

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

9	¿Habrías preferido este curso basado en una tecnología más moderna, en lugar de en papel?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
10	Si no es en papel... ¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso?	<input type="checkbox"/> Programa de ordenador <input type="checkbox"/> Realidad Aumentada <input type="checkbox"/> Teléfono móvil <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior, me gustó en papel.
11	Si pudieras manipular las piezas físicamente o en el ordenador para rotarlas, girarlas... ¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar la pieza?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
12	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
13	Escribe Problemas que has encontrado en este curso que has realizado (si lo desea puede hacer su aportación)	
14	Sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras para este curso	

Sexo Hombre
 Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realiza un entrenamiento de Habilidades Espaciales? Si
 No

¿Cuántas horas totales has asistido al curso?
 2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este curso como preparatorio a los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica / Geometría descriptiva que vas a cursar? Si
 No

¿Cómo te enterastes de la realización de este curso?

- En el momento de matricularme en secretaria.
 Por carteles que lo anunciaban.
 Por compañeros.
 En la Web de la universidad.
 Conversaciones con los profesores.
 Información del profesor en clase.
 Otro.

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utiliza el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software ha utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con su experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es.....	Nada	Principiante	intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Windows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Macintosh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lenguajes de programación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesadores de Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hojas de Calculo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bases de Datos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas corporativos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas de Información geográficos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edición Gráfica (fotografía)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD – Dibujo por ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicaciones multimedia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navegadores y buscadores por Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Correo electrónico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Juegos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Películas en DVD / avi, mpg, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras aplicaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MATERIAL y CONTENIDO TEORICO SD.

Valora el grado de acuerdo en las siguientes cuestiones.

1	2	3	4	5	6
Totalmente Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No sabe / No contesta

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO					
		1	2	3	4	5	6
1	El material del curso tiene una buena y cuidada presentación. (cuaderno)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	El contenido teórico del curso es claro, bien estructurado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	El formato de los contenidos teóricos es adecuado. (colores, tipo de texto, dibujos explicativos...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	La estructura del curso por temas y contenidos es adecuada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Los ejercicios propuestos se adecuan a los contenidos y exposiciones del profesor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	El número de ejercicios propuestos es adecuado, son suficientes para el tiempo dedicado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	En la evaluación hubo 6 ejercicios. ¿Cuántos ha tenido correctos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OPINION.

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
2	Para realizar este curso, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
3	Las exposiciones y explicaciones teóricas del profesor la calificarías como	<input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy mala
4	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Muy Útil <input type="checkbox"/> Útil <input type="checkbox"/> Poco Útil
5	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
6	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante
7	Opinión Global del curso	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
8	¿Habrías preferido este curso basado en una tecnología más moderna, en lugar de en papel?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
9	Si no es en papel... ¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso?	<input type="checkbox"/> Programa de ordenador <input type="checkbox"/> Realidad Aumentada <input type="checkbox"/> Teléfono móvil <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior, me gustó en papel.
10	Si pudieras manipular los puntos, rectas, planos etc..., en el ordenador para rotarlas, girarlas...¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar los objetos?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
11	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Geometría Descriptiva?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
12	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé

13	Escribe Problemas que has encontrado en el curso de Sistema diedrico que has realizado (si lo desea puede hacer su aportación)	
14	Sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras en el curso de sistema diedrico.	

Sexo Hombre
 Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realiza un entrenamiento de Habilidades Espaciales? Si
 No

¿Cuántas horas totales has asistido al curso?
 2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este curso como preparatorio a los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica / Geometría descriptiva que vas a cursar? Si
 No

¿Cómo te enterastes de la realización de este curso?

- En el momento de matricularme en secretaria.
 Por carteles que lo anunciaban.
 Por compañeros.
 En la Web de la universidad.
 Conversaciones con los profesores.
 Información del profesor en clase.
 Otro.

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utiliza el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software ha utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con su experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es.....	Nada	Principiante	intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Windows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema Operativo Macintosh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lenguajes de programación	??	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procesadores de Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hojas de Calculo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bases de Datos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas corporativos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas de Información geográficos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edición Gráfica (fotografía)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD – Dibujo por ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicaciones multimedia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Navegadores y buscadores por Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Correo electrónico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Juegos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Películas en DVD / avi, mpg, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otras aplicaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MATERIAL y CONTENIDO TEORICO SD-3D.

Valora el grado de acuerdo en las siguientes cuestiones.

1	2	3	4	5	6
Totalmente Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No sabe / No contesta

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO					
		1	2	3	4	5	6
1	El material del curso tiene una buena y cuidada presentación. (cuaderno)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	El contenido teórico del curso es claro, bien estructurado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	El formato de los contenidos teóricos es adecuado. (colores, tipo de texto, dibujos explicativos...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	La estructura del curso por temas y contenidos es adecuada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Los ejercicios propuestos se adecuan a los contenidos y exposiciones del profesor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	El número de ejercicios propuestos es adecuado, son suficientes para el tiempo dedicado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	En la evaluación hubo 6 ejercicios. ¿Cuántos ha tenido correctos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OPINION.

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
1	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
2	Para realizar este curso, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma? Es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
3	El apoyo del programa de ordenador Diedro 3D , a las explicaciones lo valoras como:	<input type="checkbox"/> Muy bueno <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo
4	¿Ayuda el programa Diedro 3D , a visualizar los elementos y proyectarlos en PH y PV?	<input type="checkbox"/> Siempre <input type="checkbox"/> Casi siempre <input type="checkbox"/> A menudo <input type="checkbox"/> A veces <input type="checkbox"/> Nunca
5	Las exposiciones y explicaciones teóricas del profesor la calificarías como	<input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy mala
6	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece....	<input type="checkbox"/> Muy Útil <input type="checkbox"/> Útil <input type="checkbox"/> Poco Útil
7	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
8	Dado que vas a estudiar una titulación Técnica, este curso que he realizado como iniciativa para mejorar la visión espacial te parece...	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante

9	Opinión Global del curso	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala
---	--------------------------	--

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
10	¿Habrías preferido este curso basado en una tecnología más moderna, en lugar de explicaciones tradicionales en pizarra?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
11	Si no es en papel... ¿En que otro soporte te hubiera gustado realizar este curso?	<input type="checkbox"/> Programa de ordenador <input type="checkbox"/> Realidad Aumentada <input type="checkbox"/> Teléfono móvil <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior, me gustó en papel.
12	Si pudieras manipular los puntos, rectas, planos etc..., en el ordenador para moverlas, rotarlas, girarlas...¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar los objetos?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
13	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Geometría Descriptiva?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
14	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé

15	Escribe Problemas que has encontrado en el curso de Sistema diedrico que has realizado (si lo desea puede hacer su aportación)	
16	Sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras en el curso de sistema diedrico.	

CUESTIONARIO Nº 2

USABILIDAD "USO DEL PROGRAMA DIEDRO-3D"

CUESTIONES		GRADO DE ACUERDO					
		1	2	3	4	5	6
Q1	ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN						
Q1.1	Organización estructural: La distribución de los elementos estructurales de la aplicación (Ej. Barras de desplazamiento, zonas de contenido, botones, etc.) es buena.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q1.2	Densidad estructural: La cantidad de elementos estructurales que se utilizan en la aplicación es excesiva.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q1.3	Consistencia de la estructura: La distribución de los elementos estructurales se mantiene constante a lo largo de la aplicación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2	OPERACIÓN DE LA APLICACIÓN						
Q2.1	Navegabilidad: El recorrido que se hace por el contenido de la aplicación es fácil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2.2	Interactividad: La relación mutua entre usuario y la aplicación es buena.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2.3	Accesibilidad: Las acciones que solicita la aplicación son fáciles de ejecutar (tabuladores, zoom...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2.4	Sistema de indicación: Se identifican fácilmente las figuras, las zonas activas, y tipo de acción que se debe realizar (tabuladores, giros de espacio tridimensional)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2.5	Desempeño del sistema: La velocidad de funcionamiento de la aplicación, es buena.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2.6	Fiabilidad del sistema: Hay demasiados errores durante la realización de operaciones en la aplicación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q2.7	Consistencia de la operación: La ejecución de tareas (navegar por la aplicación, seleccionar opciones, zooms, realizar giros en las figuras, etc.) sigue un estándar, es decir, es siempre igual a lo largo de la aplicación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q3	INFORMACION AL USUARIO						
Q3.1	Sistema de Ayuda: Las dudas sobre el uso de la aplicación que puede tener el usuario se resuelven fácilmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q3.2	Feedback (retroalimentación): La aplicación mantiene al usuario informado sobre las tareas en ejecución.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q3.3	Búsqueda de información: Los datos (referente a la ayuda) que busca el usuario son fáciles de encontrar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q4	APARIENCIA						
Q4.1	La presentación del contenido (gráficos, uso del color, disposición de los elementos, sensación de claridad, etc...) es buena.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q5	INTUICION						
Q5.7	Los procedimientos de navegación por la aplicación o ejecución de tareas asignadas se aprenden de forma prácticamente inmediata.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q6	CONTENIDO						
Q6.1	Organización del contenido: La distribución del contenido de la aplicación (archivos gráficos) es buena.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q6.2	Densidad del contenido: El contenido / las explicaciones graficas son demasiado extensas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q6.3	Fiabilidad del contenido: No hay errores en la información que se presenta en la aplicación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q6.4	Comprensión del contenido: La información que se presenta en la aplicación es fácil de entender.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Q.7	SEGÚN LA EXPERIENCIA DEL USUARIO, LA APLICACIÓN PUEDE SER: Prescindible <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Imprescindible						
Q.8	OPINION GENERAL SOBRE LA APLICACIÓN. Mala <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Excelente						

ANEXO 6

Pruebas evaluatorias en el curso.

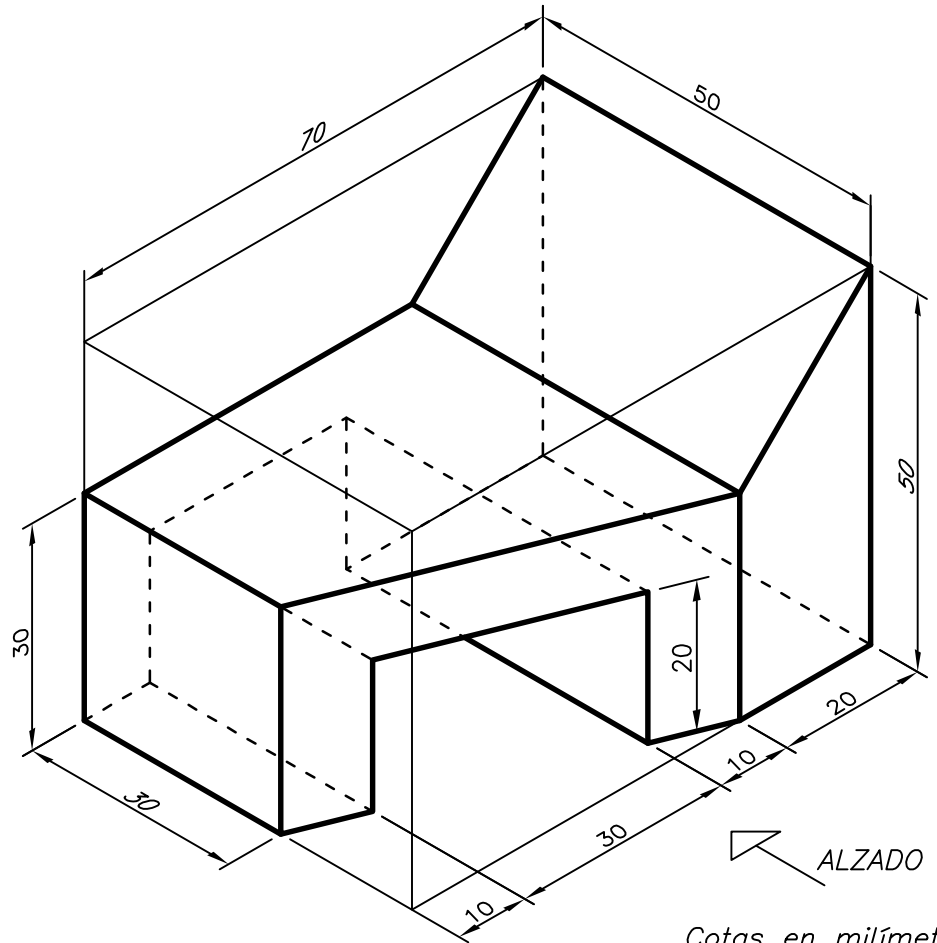
- Curso de croquización de ejercicios tradicionales de EG (formato Pruebas Acceso a la Universidad – PAU)
- Resultados prueba evaluatoria PAU.

EL ALUMNO DEBE ELEGIR Y DESARROLLAR LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE I ó LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE II

BLOQUE I

1.- Dada la pieza siguiente, se pide:

Dibujar las vistas de Alzado, Planta y Perfil, con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.

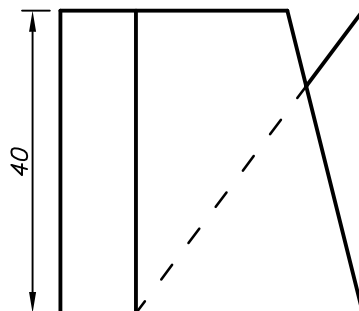


Cotas en milímetros

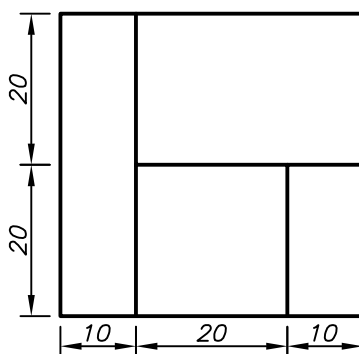
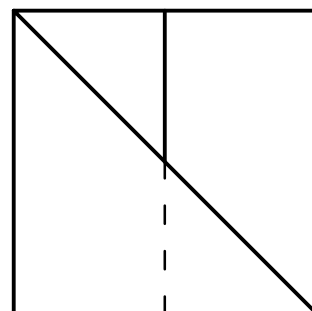
2.- Dadas las vistas de Alzado, Planta y Perfil, se pide:

Dibujar una PERSPECTIVA de la pieza con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.

ALZADO



PERFIL IZQUIERDO



PLANTA

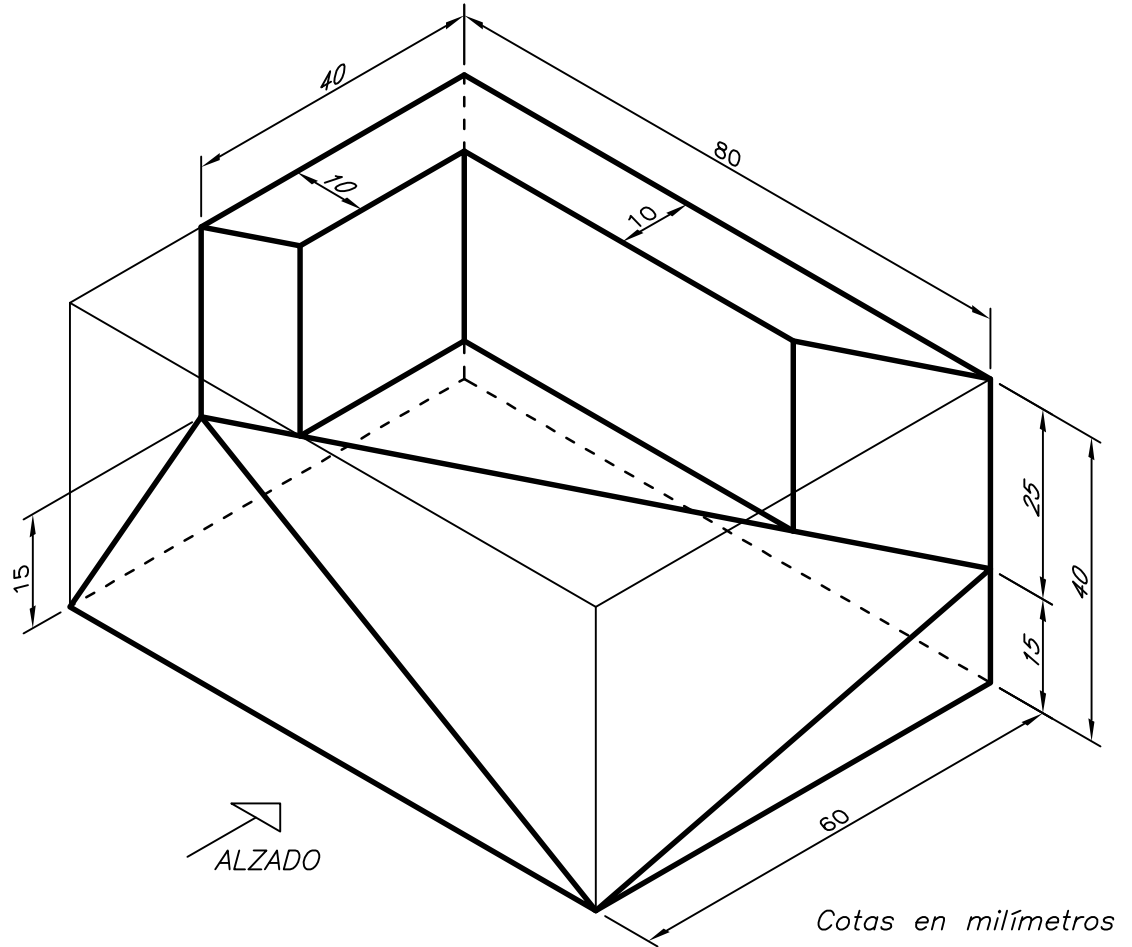
Cotas en milímetros

EL ALUMNO DEBE ELEGIR Y DESARROLLAR LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE I ó LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE II

BLOQUE II

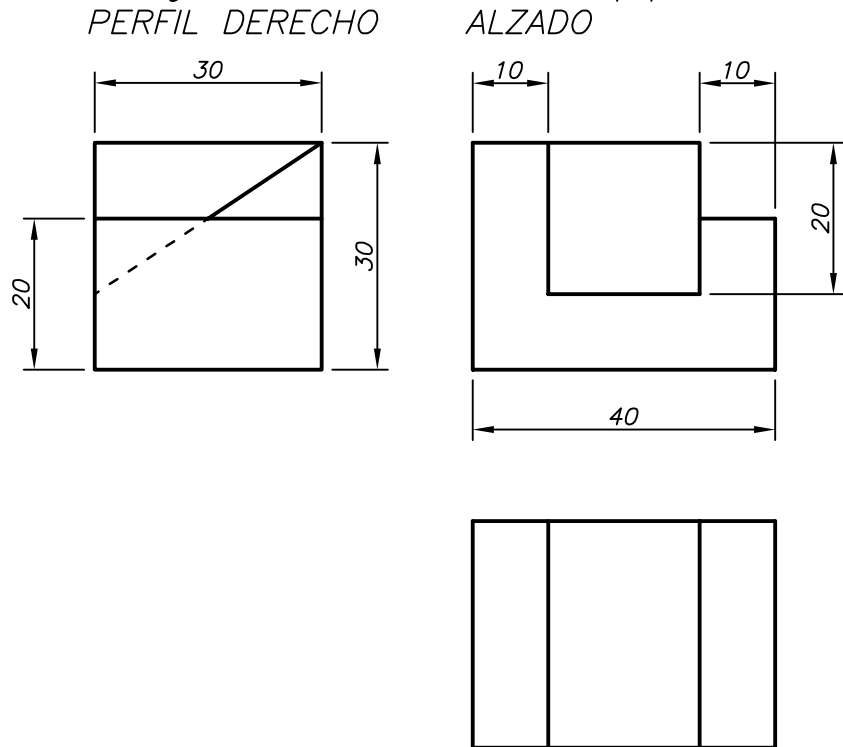
1.- Dada la pieza siguiente, se pide:

Dibujar las vistas de Alzado, Planta y Perfil, con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.

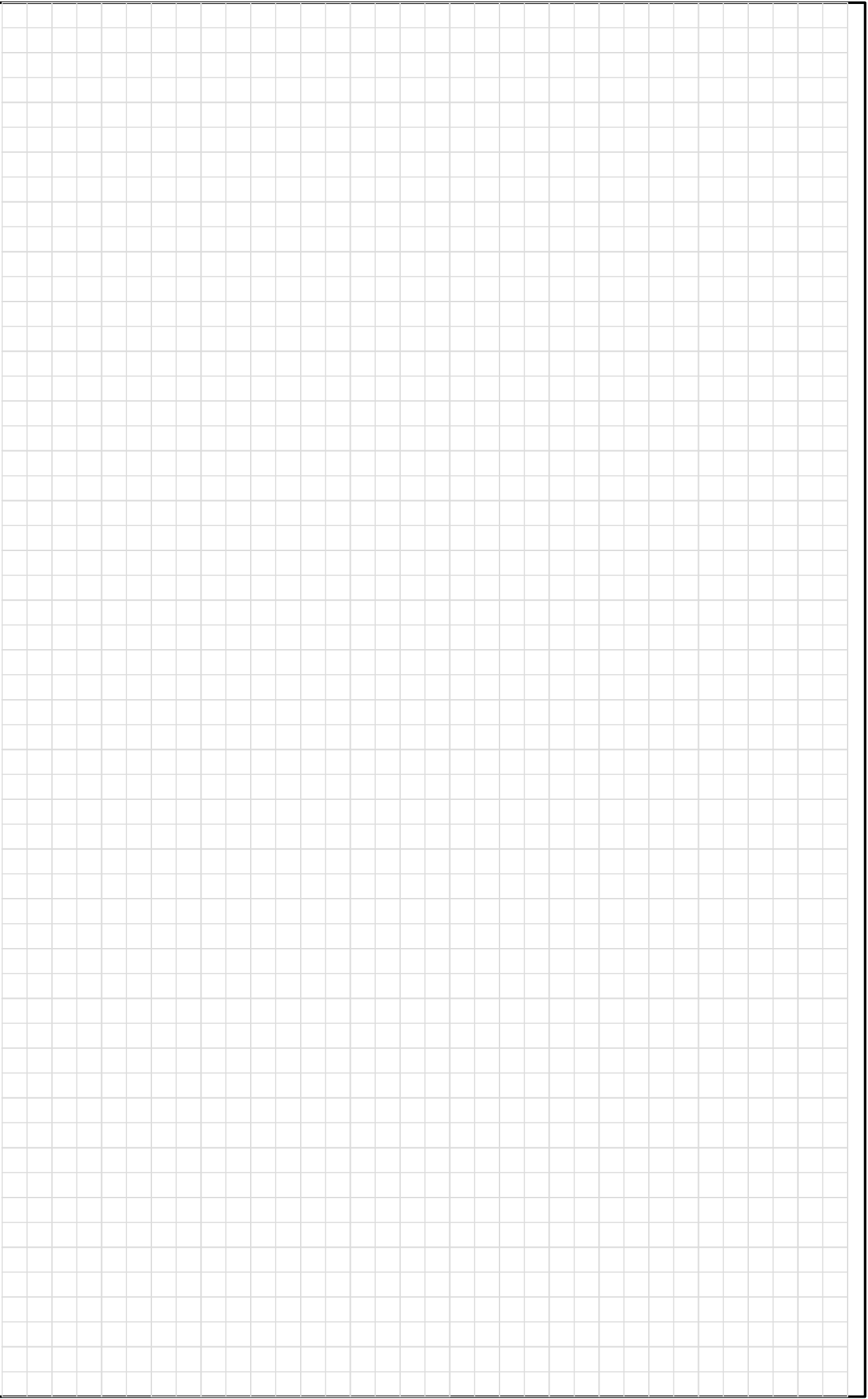


2.- Dadas las vistas de Alzado, Planta y Perfil, se pide:

Dibujar una PERSPECTIVA de la pieza con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.



PLANTA Cotas en milímetros

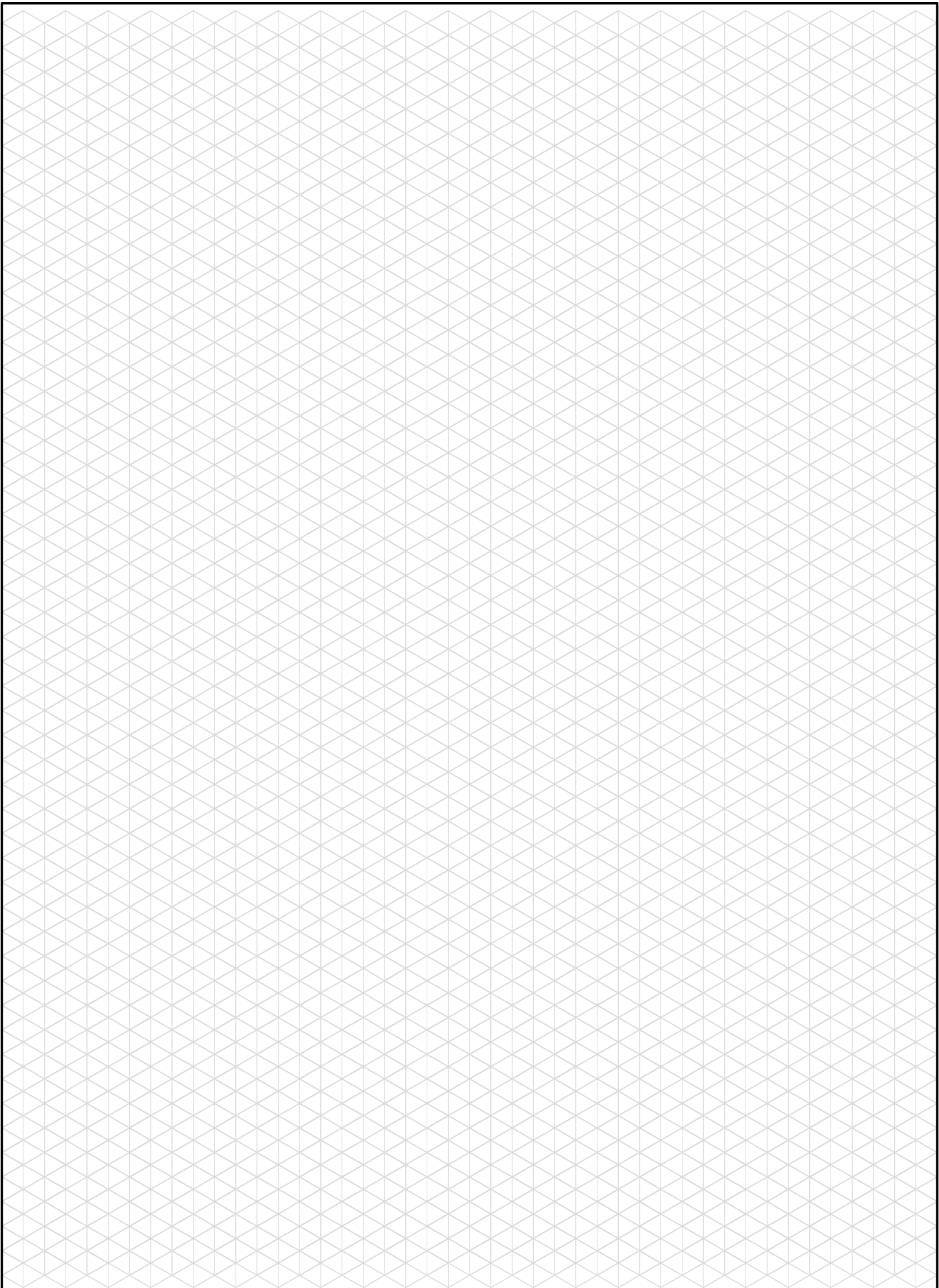


NOMBRE:

EJERCICIO:

ESCALA:

1 : 1



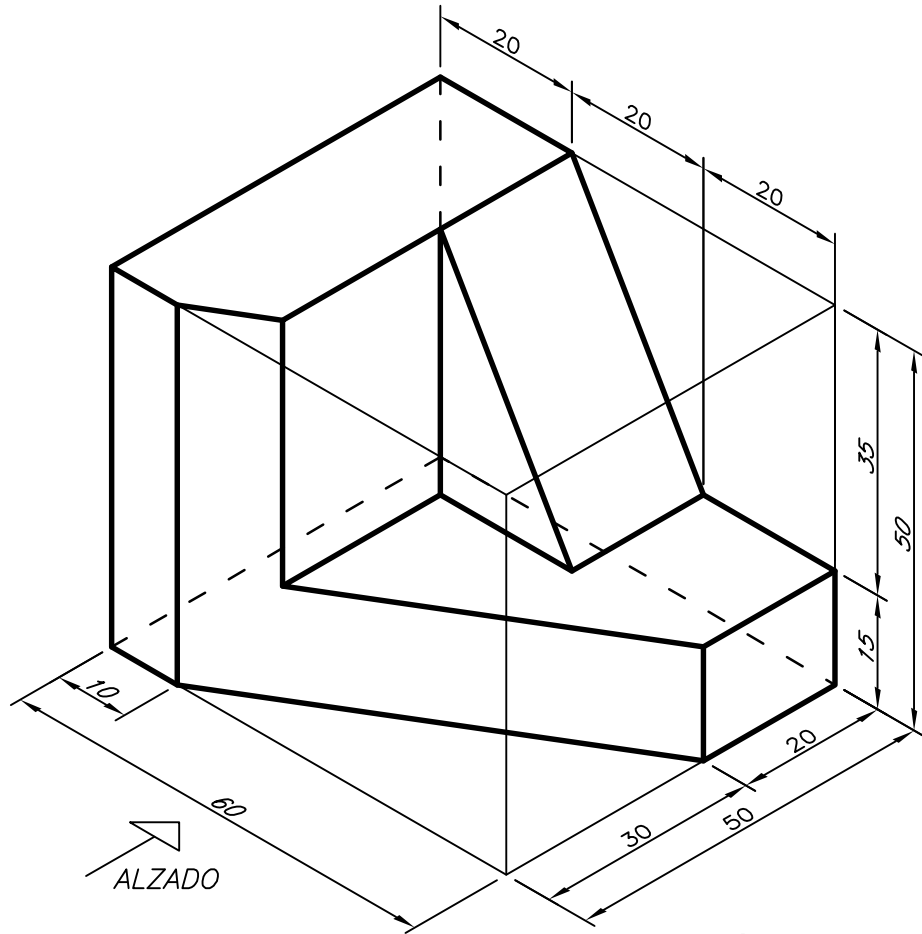
NOMBRE:			
EJERCICIO:		ESCALA:	1 : 1

EL ALUMNO DEBE ELEGIR Y DESARROLLAR LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE I ó LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE II

BLOQUE I

1.- Dada la pieza siguiente, se pide:

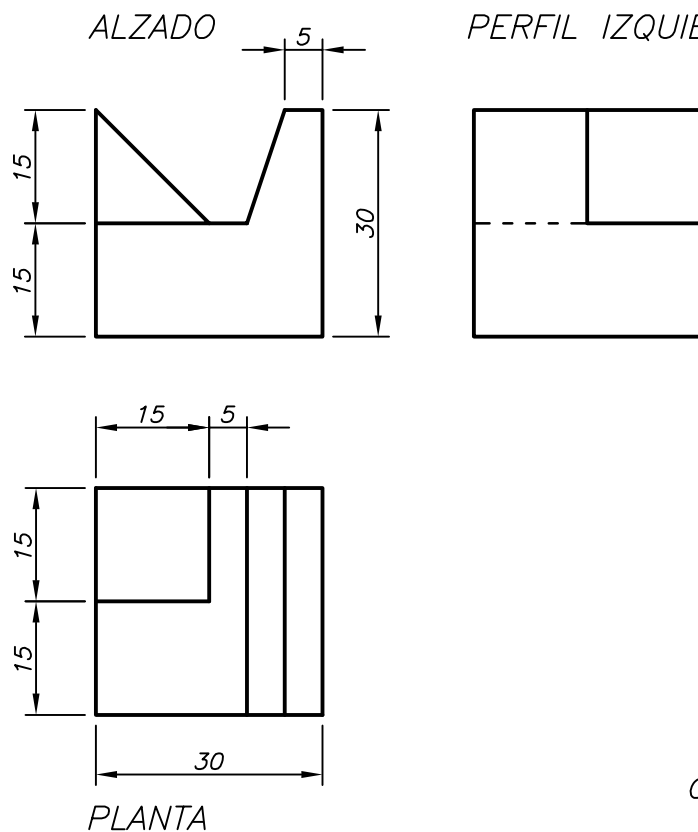
Dibujar las vistas de Alzado, Planta y Perfil, con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.



Cotas en milímetros

2.- Dadas las vistas de Alzado, Planta y Perfil, se pide:

Dibujar una PERSPECTIVA de la pieza con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.



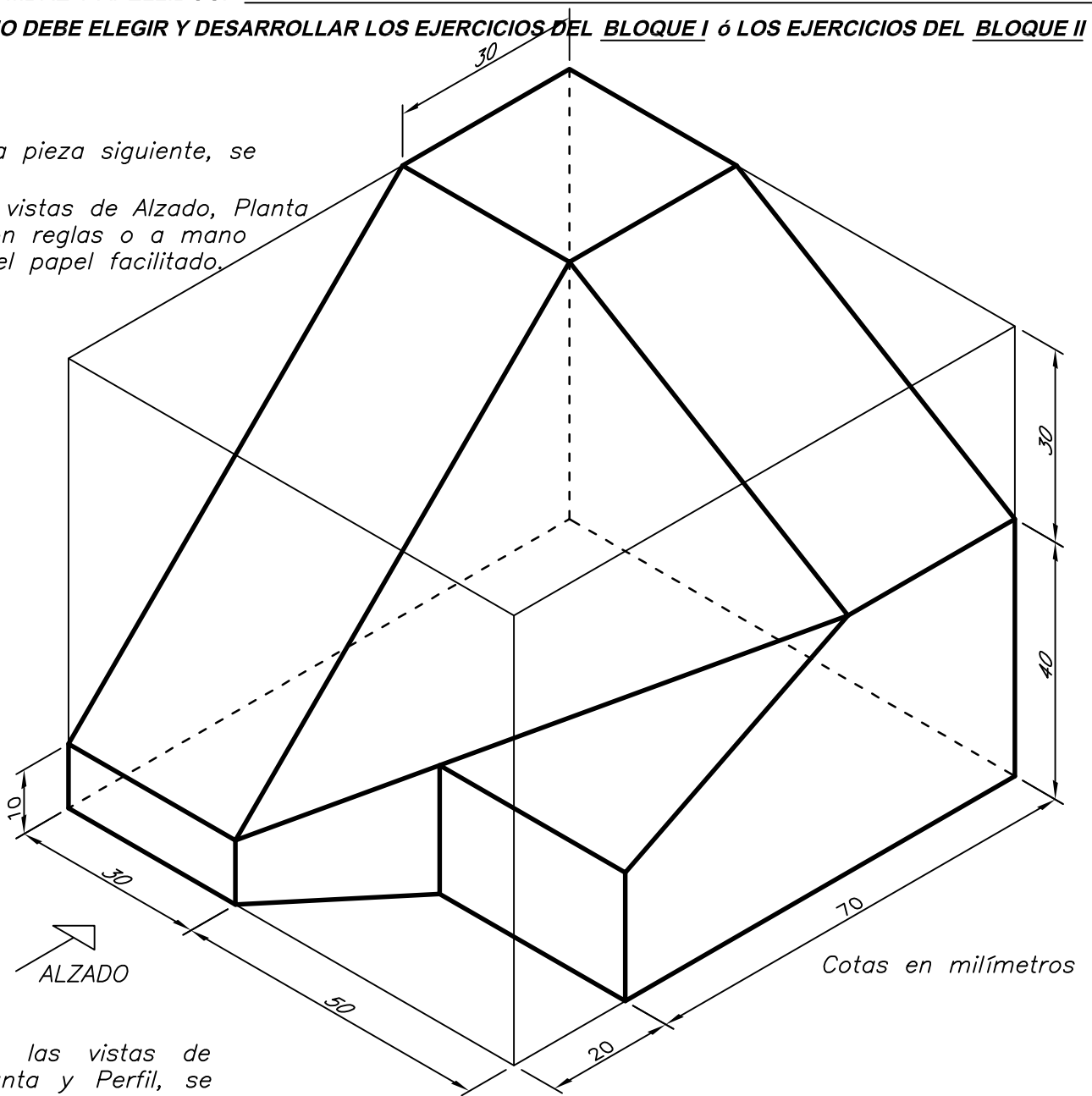
Cotas en milímetros

EL ALUMNO DEBE ELEGIR Y DESARROLLAR LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE I ó LOS EJERCICIOS DEL BLOQUE II

BLOQUE II

1.- Dada la pieza siguiente, se pide:

Dibujar las vistas de Alzado, Planta y Perfil, con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.

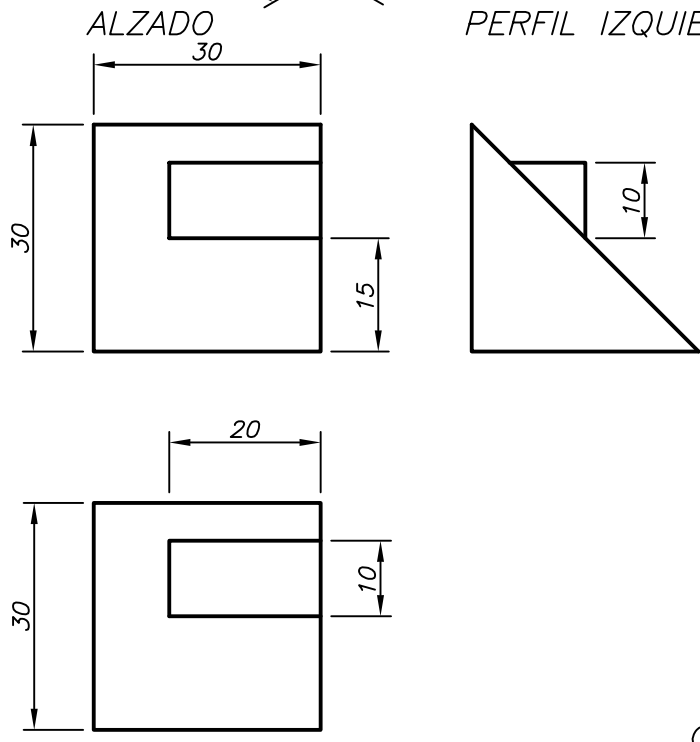


ALZADO

Cotas en milímetros

2.- Dadas las vistas de Alzado, Planta y Perfil, se pide:

Dibujar una PERSPECTIVA de la pieza con reglas o a mano alzada en el papel facilitado.

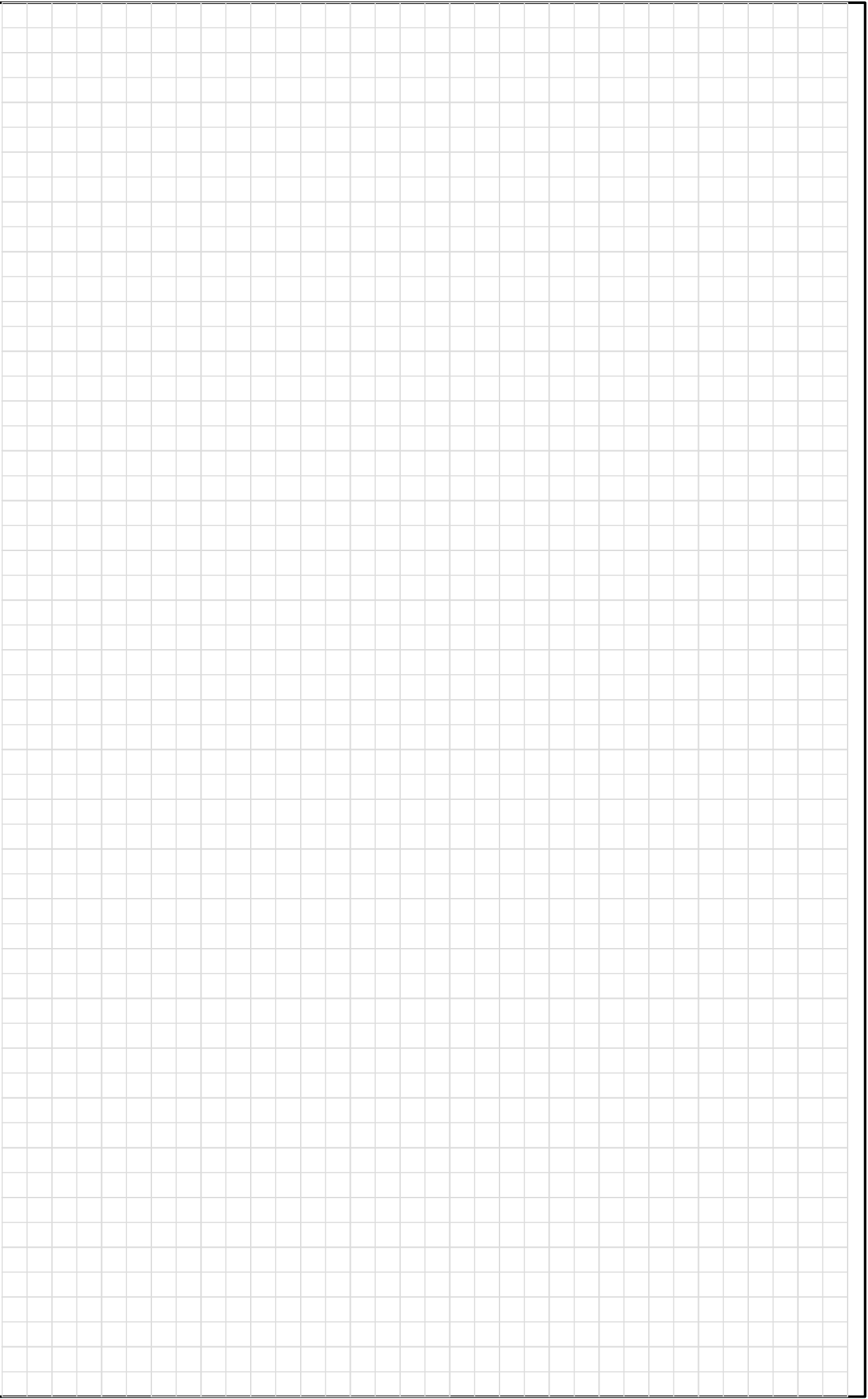


ALZADO

PERFIL IZQUIERDO

PLANTA

Cotas en milímetros

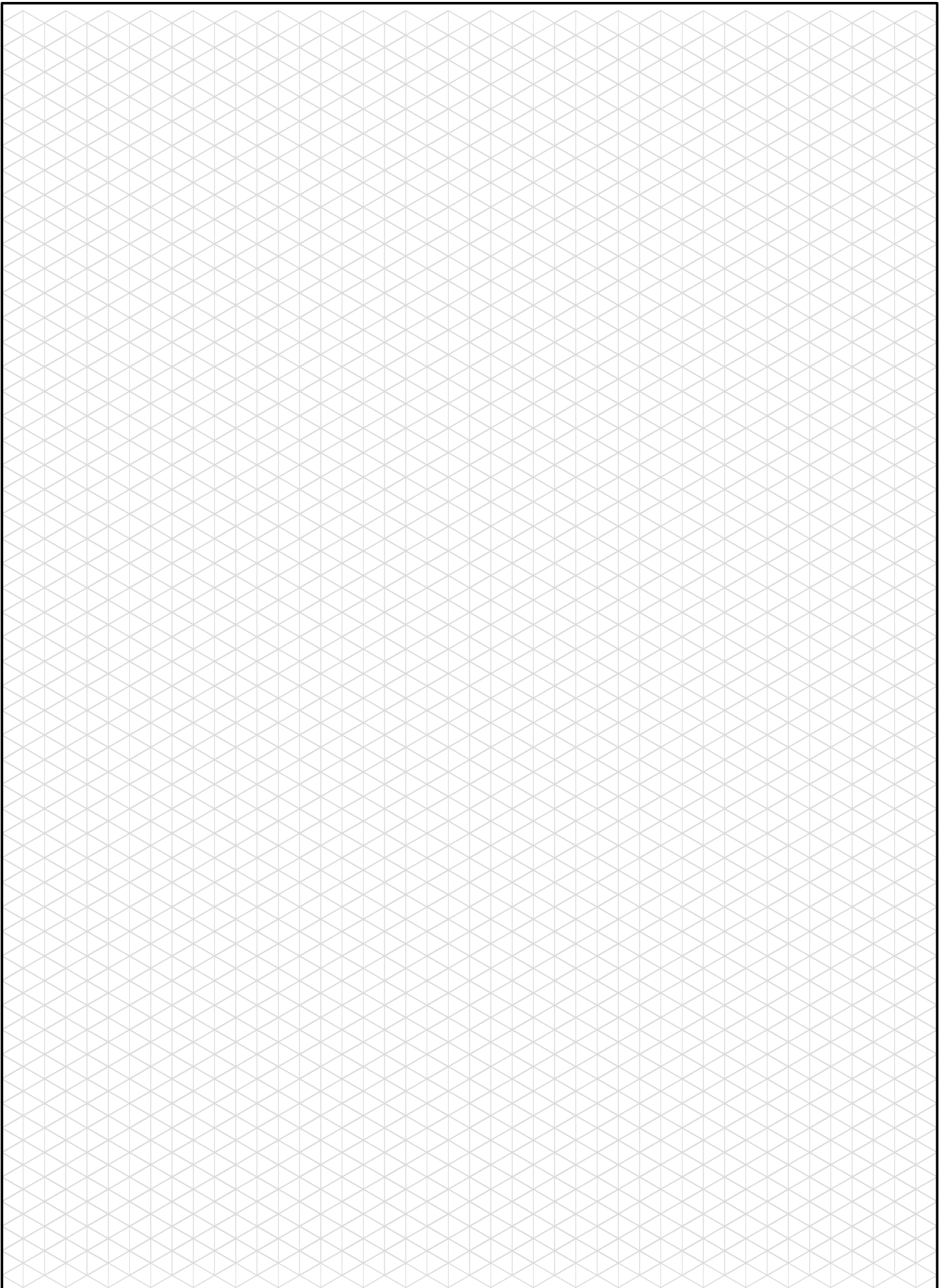


NOMBRE:

EJERCICIO:

ESCALA:

1 : 1



NOMBRE:			
EJERCICIO:		ESCALA:	1 : 1

	PAU- INICIAL	PAU-FINAL
Alumno 1	1	2
Alumno 2	0	1
Alumno 3	1	1
Alumno 4	2	2
Alumno 5	0	2
Alumno 6	0	2
Alumno 7	1	2
Alumno 8	2	2
Alumno 9	1	2
Alumno 10	2	2
Alumno 11	0	2
Alumno 12	0	1
Alumno 13	0	0
Alumno 14	0	1
Alumno 15	0	0
Alumno 16	2	2
Alumno 17	0	1
Alumno 18	0	2
Alumno 19	2	1
Alumno 20	0	1
Alumno 21	1	1
Alumno 22	2	1
Alumno 23	0	1
Alumno 24	2	1
Alumno 25	0	0
Alumno 26	0	0
Alumno 27	1	1
Alumno 28	0	2
Alumno 29	0	2
Alumno 30	2	1
Alumno 31	2	2
Alumno 32	0	2
Alumno 33	1	2
	0,76	1,36

CALIFICACION SOBRE 2 PTOS

3,79	6,82
------	------

CALIFICACION SOBRE 10 PUNTOS

t-Student 0,001052657 p-valor < 0.01

ANEXO 7

Medición de capacidad espacial en alumnos que acceden a titulaciones técnicas en la
Universidad de La Laguna.

- Medición en curso académico 2007/08
- Medición en curso académico 2008/09

	SEXO	VIDEOJUEGOS	HORAS_DIA	HORAS_SEMANA	Pre MRT	Pre DAT	
Alumno 1	1	1			5	20	41
Alumno 2	1	1		1	5	6	13
Alumno 3	1	1			4	24	33
Alumno 4	1	1		0,5	4	17	54
Alumno 5	1	1		1	4	12	37
Alumno 6	1	1		0,5	3	17	51
Alumno 7	1	1		0,5	3	13	45
Alumno 8	1	1		0,5	3	17	48
Alumno 9	1	1		1	3	5	8
Alumno 10	1	1		1	3	5	19
Alumno 11	0	1		3	40	13	39
Alumno 12	0	1		8	40	8	34
Alumno 13	0	1		3,5	22	17	48
Alumno 14	0	1		3	20	9	25
Alumno 15	0	1		4	20	4	32
Alumno 16	0	1		3	18	15	15
Alumno 17	0	1		3	15	24	46
Alumno 18	0	1		2	15	24	42
Alumno 19	0	1		2	14	20	34
Alumno 20	0	1		2	12	26	36
Alumno 21	0	1		2	12	40	60
Alumno 22	0	1		3	12	15	32
Alumno 23	0	1		1,5	11	27	40
Alumno 24	0	1			10	10	46
Alumno 25	0	1		1	10	19	46
Alumno 26	0	1		2	10	10	32
Alumno 27	0	1		2	10	20	53
Alumno 28	0	1		2	10	14	44
Alumno 29	0	1		1	8	13	35
Alumno 30	0	1		1	8	33	55
Alumno 31	0	1			7	28	49
Alumno 32	0	1		1	7	31	54
Alumno 33	0	1		1	7	12	36
Alumno 34	0	1		1	7	14	37
Alumno 35	0	1		1	7	31	53
Alumno 36	0	1		1	7	25	51
Alumno 37	0	1		1	7	9	30
Alumno 38	0	1		1	7	13	28
Alumno 39	0	1		1	7	10	33
Alumno 40	0	1		2	7	16	51
Alumno 41	0	1		1	6	37	60
Alumno 42	0	1		1	6	23	35
Alumno 43	0	1		1	6	16	37
Alumno 44	0	1		1	6	18	35
Alumno 45	0	1		1	6	10	48
Alumno 46	0	1		2	6	26	53
Alumno 47	0	1			5	10	47
Alumno 48	0	1		0	5	22	47
Alumno 49	0	1			5	26	44

Medición HE. En titulaciones de Universidad de La Laguna. Sept 2007

Curso 2007-08

Alumno 50	0	1	1	5	22	40
Alumno 51	0	1	1	5	10	40
Alumno 52	0	1	1	5	13	33
Alumno 53	0	1		4	34	47
Alumno 54	0	1		4	11	53
Alumno 55	0	1	0	4	22	50
Alumno 56	0	1		4	15	32
Alumno 57	0	1	1	4	17	39
Alumno 58	0	1	0,5	4	27	51
Alumno 59	0	1	1	4	21	35
Alumno 60	0	1	0,5	4	16	33
Alumno 61	0	1	1	4	25	29
Alumno 62	0	1	1	4	28	45
Alumno 63	0	1		3	34	60
Alumno 64	0	1		3	16	31
Alumno 65	0	1		3	11	22
Alumno 66	0	1	0,5	3	16	34
Alumno 67	0	1		3	38	52
Alumno 68	0	1	0,5	3	14	39
Alumno 69	0	1	0,5	3	22	58
Alumno 70	0	1	1	3	28	34
Alumno 71	0	1	0,5	3	20	41
Alumno 72	0	1	0	3	23	38
Alumno 73	0	1	0,5	3	24	45
Alumno 74	0	1	0,5	3	35	56
Alumno 75	1	0		2	16	39
Alumno 76	1	0	0,5	2	21	40
Alumno 77	1	0		2	10	35
Alumno 78	1	0	0,5	2	5	21
Alumno 79	1	0	0,5	2	13	38
Alumno 80	1	0	0,5	2	6	30
Alumno 81	1	0	0,5	1,5	22	46
Alumno 82	1	0		1	12	36
Alumno 83	1	0	0	1	13	41
Alumno 84	1	0	0	1	11	35
Alumno 85	1	0	0,5	1	13	21
Alumno 86	1	0		0	6	22
Alumno 87	1	0		0	9	28
Alumno 88	1	0		0	8	28
Alumno 89	1	0		0	13	19
Alumno 90	1	0		0	24	34
Alumno 91	1	0	0	0	10	44
Alumno 92	1	0	0	0	13	58
Alumno 93	1	0	0	0	3	48
Alumno 94	1	0	0	0	4	37
Alumno 95	1	0	0	0	7	42
Alumno 96	1	0	0	0	8	26
Alumno 97	1	0	0	0	8	33
Alumno 98	0	0		2	17	41
Alumno 99	0	0		2	25	46

Medición HE. En titulaciones de Universidad de La Laguna. Sept 2007

Curso 2007-08

Alumno 100	0	0		2	23	46
Alumno 101	0	0		2	17	33
Alumno 102	0	0		2	30	44
Alumno 103	0	0		2	14	25
Alumno 104	0	0	0,5	2	16	47
Alumno 105	0	0		1	16	17
Alumno 106	0	0		1	9	29
Alumno 107	0	0		1	13	34
Alumno 108	0	0		1	11	51
Alumno 109	0	0	0	1	38	56
Alumno 110	0	0	0	1	10	36
Alumno 111	0	0		0	24	36
Alumno 112	0	0		0	21	30
Alumno 113	0	0		0	22	52
Alumno 114	0	0		0	11	38
Alumno 115	0	0		0	24	52
Alumno 116	0	0		0	22	46
Alumno 117	0	0	0	0	17	49
Alumno 118	0	0	0	0	21	21
Alumno 119	0	0	0	0	17	18

JUGADORES A PARTIR DE 3 HORAS SEMANA

0=hombre

5,071428571

1= mujer

7,648648649

Alumnos 119		17,5546	39,1261
media hombres		19,7442	40,7674
media mujeres		11,8485	34,8485
Alumnos Jugadores 74		19,1351	40,6486
Alumnos no jugadores 45		14,9556	36,6222
Alumnos 64	Homb jug	20,00	41,5469
Alumnos 22	Hombres no jug	19,00	38,5
Alumnos 10	Mujeres Jug	13,6	34,9
Alumnos 23	Mujeres no Jug	11,087	34,8261

Alumno	Titulacion	pre -MRT	PRE-DAT
1	Aparejador	24	29
2	Aparejador	14	18
3	Aparejador	8	18
4	Aparejador	11	25
5	Aparejador	26	40
6	Aparejador	24	21
7	Aparejador	15	34
8	Aparejador	28	47
9	Aparejador	18	37
10	Aparejador	29	34
11	Aparejador	28	12
12	Aparejador	24	31
13	Aparejador	18	35
14	Aparejador	28	44
15	Aparejador	15	32
16	Aparejador	9	18
17	Aparejador	18	35
18	Aparejador	26	35
19	Aparejador	38	47
20	Aparejador	22	12
21	Aparejador	17	16
22	Aparejador	17	36
23	Aparejador	7	25
24	Aparejador	28	24
25	Aparejador	14	18
26	Aparejador	12	22
27	Aparejador	24	39
28	Aparejador	22	24
29	Aparejador	16	31
30	Aparejador	11	29
31	Aparejador	23	42
32	Aparejador	38	48
33	Aparejador	13	23
34	Aparejador	31	22
35	Aparejador	28	36
36	Aparejador	30	30
37	Aparejador	24	34
38	Aparejador	8	20
39	Aparejador	10	25
40	Aparejador	21	46
41	Aparejador	25	25
42	Aparejador	14	28
43	Aparejador	36	44
44	Aparejador	23	20
45	Aparejador	11	27
46	Aparejador	4	21
47	Aparejador	18	36
48	Aparejador	26	40
49	Aparejador	38	42
50	Aparejador	32	33
51	Aparejador	15	28
52	Aparejador	34	44
53	Aparejador	17	32
54	Aparejador	9	17
55	Aparejador	30	38

56	Aparejador	18	37
57	Aparejador	33	49
58	Aparejador	26	43
59	Aparejador	15	29
60	Aparejador	7	20
61	Aparejador	14	30
62	Aparejador	22	25
63	Aparejador	28	45
64	Aparejador	11	30
65	Aparejador	21	36
66	Aparejador	28	40
67	Aparejador	6	36
68	Aparejador	20	25
69	Aparejador	21	31
70	Aparejador	20	29
71	Aparejador	20	45
72	Aparejador	9	9
73	Aparejador	10	20
74	Aparejador	26	18
75	Aparejador	18	27
76	Aparejador	23	36
77	Aparejador	23	37
78	Aparejador	30	34
79	Aparejador	36	45
80	Aparejador	35	33
81	Aparejador	17	40
82	Aparejador	13	42
83	Aparejador	29	40
84	Aparejador	12	33
85	Aparejador	12	24
86	Aparejador	13	20
87	Aparejador	23	45
88	Aparejador	4	26
89	Aparejador	15	40
90	Aparejador	34	34
91	Aparejador	27	37
92	Aparejador	21	18
93	Aparejador	19	24
94	Aparejador	8	25
95	Aparejador	21	27
96	Aparejador	14	32
97	Aparejador	12	33
98	Aparejador	24	44
99	Aparejador	30	41
100	Aparejador	14	21
101	Aparejador	10	32
102	Aparejador	19	47
103	Aparejador	24	31
104	Aparejador	6	23
105	Aparejador	31	26
106	Aparejador	24	35
107	Aparejador	15	32
108	Aparejador	23	42
109	Aparejador	18	37
110	Aparejador	20	31
111	Aparejador	20	34
112	Aparejador	11	12

113	Aparejador	32	30
114	Aparejador	5	28
115	Aparejador	20	32
116	Aparejador	11	22
117	Aparejador	11	40
118	Aparejador	28	25
119	Aparejador	30	33
120	Aparejador	9	28
121	Aparejador	6	20
122	Aparejador	23	40
123	Aparejador	19	37
124	Aparejador	24	37
125	Aparejador	15	34
126	Aparejador	11	19
127	Aparejador	25	16
128	Aparejador	28	32
129	Aparejador	15	19
130	Aparejador	22	25
131	Aparejador	12	23
132	Aparejador	16	15
133	Aparejador	16	26
134	Aparejador	24	21
135	Aparejador	32	45
136	Aparejador	31	41
137	Aparejador	23	36
138	Aparejador	18	22
139	Aparejador	20	40
140	Aparejador	9	23
141	Aparejador	25	38
142	Aparejador	32	40
143	Aparejador	0	29
144	Aparejador	12	28
145	Aparejador	26	38
146	Aparejador	13	37
147	Aparejador	6	18
148	Aparejador	26	33
149	Aparejador	31	33
150	Aparejador	25	28
151	Aparejador	18	33
152	Aparejador	17	47
153	Aparejador	7	14
154	Mecanica	24	30
155	Mecanica	18	36
156	Mecanica	20	20
157	Mecanica	17	39
158	Mecanica	18	30
159	Mecanica	21	25
160	Mecanica	9	26
161	Mecanica	23	23
162	Mecanica	14	42
163	Mecanica	18	38
164	Mecanica	26	29
165	Mecanica	11	26
166	Mecanica	13	29
167	Mecanica	34	43
168	Mecanica	22	35
169	Mecanica	29	34

170	Mecanica	31	29
171	Mecanica	27	28
172	Mecanica	18	33
173	Mecanica	35	38
174	Mecanica	10	36
175	Mecanica	6	22
176	Mecanica	28	41
177	Mecanica	28	27
178	Mecanica	7	28
179	Mecanica	24	47
180	Mecanica	17	28
181	Mecanica	11	16
182	Mecanica	19	26
183	Mecanica	8	22
184	Mecanica	21	28
185	Mecanica	12	26
186	Mecanica	14	12
187	Mecanica	9	6
188	Mecanica	18	32
189	Mecanica	17	17
190	Mecanica	26	29
191	Mecanica	8	12
192	Mecanica	16	25
193	Mecanica	35	41
194	Mecanica	21	15
195	Mecanica	25	30
196	Mecanica	21	30
197	Mecanica	25	28
198	Mecanica	12	41
199	Mecanica	18	36
200	Mecanica	27	41
201	Mecanica	6	22
202	Mecanica	9	22
203	Mecanica	27	33
204	Mecanica	12	23
205	Mecanica	30	25
206	Mecanica	23	35
207	Mecanica	17	42
208	Mecanica	22	11
209	Mecanica	32	31
210	Mecanica	11	34
211	Mecanica	12	25
212	Mecanica	27	39
213	ELECTRON	21	26
214	ELECTRON	28	38
215	ELECTRON	26	34
216	ELECTRON	16	23
217	ELECTRON	21	26
218	ELECTRON	5	16
219	ELECTRON	13	30
220	ELECTRON	9	11
221	ELECTRON	31	32
222	ELECTRON	8	22
223	ELECTRON	13	12
224	ELECTRON	10	31
225	ELECTRON	19	19
226	ELECTRON	7	20

227	ELECTRON	25	40
228	ELECTRON	17	27
229	ELECTRON	28	23
230	ELECTRON	30	47
231	ELECTRON	16	27
232	ELECTRON	25	23
233	ELECTRON	32	41
234	ELECTRON	37	26
235	ELECTRON	9	23
236	ELECTRON	5	19
237	ELECTRON	16	35
238	ELECTRON	8	24
239	ELECTRON	12	23
240	ELECTRON	0	14
241	ELECTRON	13	38
242	ELECTRON	17	25
243	ELECTRON	16	19
244	ELECTRON	35	41
245	ELECTRON	16	37
246	ELECTRON	7	11
247	ELECTRON	27	39
248	ELECTRON	9	18
249	ELECTRON	8	12
250	ELECTRON	17	34
251	ELECTRON	22	27
252	ELECTRON	14	21
253	ELECTRON	30	42
254	ELECTRON	33	38
255	ELECTRON	29	40
256	ELECTRON	34	18
257	ELECTRON	23	23
258	ELECTRON	11	48
259	ELECTRON	22	27
260	ELECTRON	18	39
261	ELECTRON	18	27
262	ELECTRON	28	29
263	ELECTRON	21	25
264	ELECTRON	8	25
265	ELECTRON	15	32
266	ELECTRON	6	19
267	ELECTRON	16	20
268	ELECTRON	24	28
269	ELECTRON	11	17
270	ELECTRON	11	23
271	ELECTRON	8	11
272	ELECTRON	15	30
273	ELECTRON	35	34
274	ELECTRON	4	12
275	ELECTRON	16	34
276	ELECTRON	13	19
277	ELECTRON	31	44
278	ELECTRON	4	9
279	ELECTRON	19	37
280	ELECTRON	15	26
281	ELECTRON	4	18
282	ELECTRON	9	6
283	ELECTRON	24	34

284	ELECTRON	30	47
285	ELECTRON	13	28
286	ELECTRON	16	23
287	ELECTRON	8	15
288	ELECTRON	21	30
289	ELECTRON	21	36
290	ELECTRON	15	31
291	ELECTRON	13	33
292	ELECTRON	28	32
293	ELECTRON	13	15
294	ELECTRON	20	33
295	ELECTRON	19	30
296	ELECTRON	22	39
297	ELECTRON	9	22
298	ELECTRON	7	17
299	ELECTRON	20	22
300	ELECTRON	8	28
301	ELECTRON	18	39
302	ELECTRON	16	22
303	ELECTRON	25	41
304	ELECTRON	25	35
305	ELECTRON	21	28
306	ELECTRON	12	28
307	ELECTRON	11	12
308	ELECTRON	16	22
309	ELECTRON	16	30
310	Quimica	19	20
311	Quimica	9	21
312	Quimica	34	49
313	Quimica	30	37
314	Quimica	16	28
315	Quimica	19	38
316	Quimica	18	34
317	Quimica	7	20
318	Quimica	33	39
319	Quimica	18	35
320	Quimica	13	23
321	Quimica	18	23
322	Quimica	21	20
323	Quimica	18	41
324	Quimica	27	21
325	Quimica	8	9
326	Quimica	7	7
327	Quimica	32	35
328	Quimica	3	28
329	BRAS PUBLIC	24	18
330	BRAS PUBLIC	25	28
331	BRAS PUBLIC	17	24
332	BRAS PUBLIC	17	37
333	BRAS PUBLIC	21	17
334	BRAS PUBLIC	22	28
335	BRAS PUBLIC	18	29
336	BRAS PUBLIC	15	25
337	BRAS PUBLIC	18	25
338	BRAS PUBLIC	11	26
339	BRAS PUBLIC	26	27
340	BRAS PUBLIC	7	22

341	BRAS PUBLIC	32	41
342	BRAS PUBLIC	20	28
343	BRAS PUBLIC	15	21
344	BRAS PUBLIC	21	32
345	BRAS PUBLIC	36	28
346	BRAS PUBLIC	24	37
347	BRAS PUBLIC	14	25
348	BRAS PUBLIC	11	36
349	BRAS PUBLIC	14	29
350	BRAS PUBLIC	10	30
351	BRAS PUBLIC	12	29
352	BRAS PUBLIC	34	34
353	BRAS PUBLIC	35	34
354	BRAS PUBLIC	19	39
355	BRAS PUBLIC	24	45
356	BRAS PUBLIC	19	38
357	BRAS PUBLIC	15	21
358	BRAS PUBLIC	18	36
359	BRAS PUBLIC	25	43
360	BRAS PUBLIC	20	48
361	BRAS PUBLIC	15	21
362	BRAS PUBLIC	7	22
363	BRAS PUBLIC	16	34
364	BRAS PUBLIC	31	31
365	BRAS PUBLIC	23	42
366	BRAS PUBLIC	25	30
367	BRAS PUBLIC	20	36
368	BRAS PUBLIC	9	25
369	BRAS PUBLIC	17	18
370	BRAS PUBLIC	11	26
371	BRAS PUBLIC	28	33
372	BRAS PUBLIC	25	44
373	BRAS PUBLIC	24	43
374	BRAS PUBLIC	11	20
375	BRAS PUBLIC	23	29
376	BRAS PUBLIC	15	30
377	BRAS PUBLIC	20	30
378	BRAS PUBLIC	21	34
379	BRAS PUBLIC	12	25
380	BRAS PUBLIC	18	35
381	BRAS PUBLIC	24	29
382	BRAS PUBLIC	32	41
383	BRAS PUBLIC	20	25
384	BRAS PUBLIC	32	29
385	BRAS PUBLIC	22	43
386	BRAS PUBLIC	19	29
387	BRAS PUBLIC	16	42
388	BRAS PUBLIC	26	46
389	BRAS PUBLIC	12	29
390	BRAS PUBLIC	36	38
391	BRAS PUBLIC	14	23
392	BRAS PUBLIC	28	35
393	BRAS PUBLIC	9	18
394	BRAS PUBLIC	11	29
395	BRAS PUBLIC	12	16
396	BRAS PUBLIC	29	39
397	BRAS PUBLIC	26	34

398	BRAS PUBLIC	16	37
399	BRAS PUBLIC	4	40
400	BRAS PUBLIC	5	25
401	BRAS PUBLIC	14	29
402	Agricola-F	18	24
403	Agricola-F	14	35
404	Agricola-F	25	35
405	Agricola-F	15	34
406	Agricola-F	37	34
407	Agricola-F	16	34
408	Agricola-F	16	20
409	Agricola-F	6	14
410	Agricola-F	15	23
411	Agricola-F	5	19
412	Agricola-F	7	17
413	Agricola-F	6	25
414	Agricola-F	12	21
415	Agricola-F	13	27
416	Agricola-F	10	24
417	Agricola-F	10	25
418	agricola-M	3	36
419	agricola-M	34	41
420	agricola-M	16	34
421	agricola-M	10	18
422	agricola-M	12	15
423	agricola-M	36	42
424	agricola-M	9	16
425	agricola-M	30	42
426	agricola-M	19	23
427	agricola-M	16	25
428	agricola-M	15	36
429	agricola-M	30	46
430	agricola-M	8	10
431	agricola-M	8	42
432	agricola-M	10	26
433	agricola-M	7	25
434	agricola-M	26	41
435	agricola-M	2	15
436	agricola-M	14	26
437	agricola-M	8	20
438	agricola-M	22	32
439	agricola-M	20	26
440	agricola-M	19	28
441	agricola-M	21	35
442	agricola-M	15	11
443	agricola-M	18	42
444	agricola-M	16	24
445	agricola-M	12	33
	Media Aritm	18,65	29,41
	desv. Std	8,35	9,18

ANEXO 8

Resultados de medición de capacidad espacial en cada curso.

Curso con VIDEOJUEGOS

Alumno	hombre=1 mujer =0	jugador=1 no jugador=0	PC=1 Nintendo =0	PRE-TEST		POST TEST	
				MRT	DAT	MRT	DAT
1	0	0	0	10	44	22	52
2	0	0	0	13	58	26	60
3	0	0	0	3	48	8	52
4	0	0	0	4	37	15	40
5	0	0	0	7	42	17	53
6	0	0	0	8	26	7	33
7	0	0	1	8	33	12	46
8	1	0	0	17	49	34	58
9	1	0	0	22	40	32	60
10	1	0	0	20	53	36	59
11	1	0	1	28	34	34	41
12	1	0	1	17	18	12	30
13	0	1	1	13	45	13	50
14	1	1	0	14	44	25	58
15	1	1	0	17	51	30	60
16	1	1	0	16	37	25	48
17	1	1	0	13	35	27	43
18	1	1	0	10	40	15	53
19	1	1	1	21	21	29	34
20	1	1	1	31	53	40	59
21	1	1	1	14	39	18	45
22	1	1	1	13	33	19	40
23	1	1	1	16	47	28	54
24	1	1	1	25	51	36	58
25	1	1	1	33	55	38	58
26	1	1	1	18	35	30	49
27	1	1	1	9	30	19	40
28	1	1	1	24	42	28	53
29	1	1	1	20	34	28	50
30	1	1	1	27	51	36	58
31	1	1	1	22	58	30	60
32	1	1	1	21	35	32	54
33	1	1	1	16	33	22	50
34	1	1	1	40	60	40	60
35	1	1	1	20	41	33	54

N

35

Medias totales 35 alumnos

17,43

41,49

25,60

50,63

8,21

10,31

9,26

8,53

CURSO SISTEMA DIEDRICO

alumno	tipo entrena	hombre=1 mujer=0	pre -MRT	PRE-DAT	post-MRT	post- DAT	Gana MRT	Gana DAT
1	SD	0	26	40	38	44	12	4
2	SD	0	26	40	28	46	2	6
3	SD	0	14	30	32	43	18	13
4	SD	0	20	45	25	44	5	-1
5	SD	0	10	20	13	36	3	16
6	SD	0	23	42	27	45	4	3
7	SD	0	11	12	11	21	0	9
8	SD	0	11	22	22	26	11	4
9	SD	0	24	37	29	44	5	7
10	SD	0	15	34	28	39	13	5
11	SD	0	11	19	13	31	2	12
12	SD	1	15	34	31	41	16	7
13	SD	1	22	12	26	16	4	4
14	SD	1	28	24	38	40	10	16
15	SD	1	30	30	34	45	4	15
16	SD	1	25	25	16	30	-9	5
17	SD	1	26	43	40	47	14	4
18	SD	1	36	45	35	49	-1	4
19	SD	1	29	40	38	47	9	7
20	SD	1	19	37	35	49	16	12
21	SD	1	16	26	24	45	8	19
		Media	20,81	31,29	27,76	39,43	6,95	8,14
		desv.st	7,40	10,41	8,81	9,36	6,68	5,32
		EMC	1,61	2,27	1,92	2,04	1,46	1,16

Curso sistema Diedrico y Aplicación 3D

Alumno	tipo entrena	hombre=1 mujer=0	pre -MRT	PRE-DAT	post-MRT	post- DAT	Gana MRT	Gana DAT
1	SD-3D	0	17	16	12	30	-5	14
2	SD-3D	0	15	29	29	36	14	7
3	SD-3D	0	7	20	30	37	23	17
4	SD-3D	0	24	31	29	46	5	15
5	SD-3D	0	6	23	13	33	7	10
6	SD-3D	0	25	38	35	43	10	5
7	SD-3D	0	26	33	26	43	0	10
8	SD-3D	1	24	21	33	35	9	14
9	SD-3D	1	28	47	36	47	8	0
10	SD-3D	1	7	25	16	32	9	7
11	SD-3D	1	23	42	30	46	7	4
12	SD-3D	1	10	25	14	32	4	7
13	SD-3D	1	23	20	26	32	3	12
14	SD-3D	1	30	38	36	44	6	6
15	SD-3D	1	4	26	17	36	13	10
16	SD-3D	1	15	40	22	44	7	4
17	SD-3D	1	14	32	32	39	18	7
18	SD-3D	1	31	26	37	36	6	10
19	SD-3D	1	0	29	29	41	29	12
	Media		17,32	29,53	26,42	38,53	9,11	9,00
	Des Std		9,56	8,44	8,33	5,55	7,83	4,37
	EMC		2,19	1,94	1,91	1,27	1,80	1,00

increase MRT 9,11

Increase DAT 9,00

CURSO REALIDAD AUMENTADA

Alumno	Tipo entrena	pre -MRT	PRE-DAT	post-MRT	post-DAT	Edad
1	RA	24	30	29	32	18
2	RA	17	39	30	48	19
3	RA	18	30	35	39	21
4	RA	9	26	25	39	25
5	RA	23	23	34	36	19
6	RA	13	29	20	40	21
7	RA	34	43	40	48	18
8	RA	22	35	32	44	17
9	RA	29	34	38	49	24
10	RA	28	27	39	35	18
11	RA	17	28	26	37	18
12	RA	18	32	22	43	20
13	RA	26	29	23	36	18
14	RA	25	30	36	48	17
15	RA	25	28	23	33	18
16	RA	12	41	22	46	18
17	RA	18	36	19	43	19
18	RA	6	22	24	29	18
19	RA	27	33	36	40	18
20	RA	22	11	24	28	20
21	RA	5	16	13	22	26
22	RA	27	28	35	41	18
23	RA	21	28	27	33	19
24	RA	6	22	13	34	18
Media ar		19,67	29,17	27,71	38,46	MEDIA ARTI
desv std		7,91	7,29	7,83	7,05	DESV STD
		1,61	1,49	1,60	1,44	error
		increase MRT	8,04			
		Increase DAT	9,29			

CURSO EJERCICIOS TRADICIONALES

10 horas de entrenamiento

Alumno	Tipo Entrena	pre -MRT	PRE-DAT	post-MRT	post-DAT
1	ET	18	36	25	38
2	ET	20	20	35	21
3	ET	14	42	23	46
4	ET	31	29	40	46
5	ET	35	38	40	47
6	ET	28	41	38	37
7	ET	7	28	20	36
8	ET	24	47	32	46
9	ET	11	16	14	25
10	ET	19	26	30	46
11	ET	17	17	23	22
12	ET	16	25	32	40
13	ET	21	15	38	35
14	ET	27	41	31	38
15	ET	9	22	27	32
16	ET	12	23	15	33
17	ET	23	35	38	45
18	ET	32	31	34	41
19	ET	12	25	30	41
20	ET	27	39	35	49
21	ET	21	26	24	33
22	ET	28	38	39	49
23	ET	26	34	28	44
24	ET	21	26	30	29
25	ET	8	22	9	30
26	ET	21	25	31	40
27	ET	16	23	29	27
28	ET	21	30	35	44
29	ET	9	6	9	16

Media Ari	19,79	28,48	28,76	37,10
Desv std	7,62	9,48	8,79	9,00

increase MRT	8,97
Increase DAT	8,62

CURSO EJERCICIOS TRADICIONALES

Alumno	Tipo Entrena	Añadir alumnos con 14 horas de entrenamiento				
		pre -MRT	PRE-DAT	post-MRT	post-DAT	
1	ET	18	36	25	38	
2	ET	20	20	35	21	
3	ET	14	42	23	46	
4	ET	31	29	40	46	
5	ET	35	38	40	47	
6	ET	28	41	38	37	
7	ET	7	28	20	36	
8	ET	24	47	32	46	
9	ET	11	16	14	25	
10	ET	19	26	30	46	
11	ET	17	17	23	22	
12	ET	16	25	32	40	
13	ET	21	15	38	35	
14	ET	27	41	31	38	
15	ET	9	22	27	32	
16	ET	12	23	15	33	
17	ET	23	35	38	45	
18	ET	32	31	34	41	
19	ET	12	25	30	41	
20	ET	27	39	35	49	
21	ET	21	26	24	33	
22	ET	28	38	39	49	
23	ET	26	34	28	44	
24	ET	21	26	30	29	
25	ET	8	22	9	30	
26	ET	21	25	31	40	
27	ET	16	23	29	27	
28	ET	21	30	35	44	
29	ET	9	6	9	16	
30	MECANICA	18	38	28	46	14 H
31	MECANICA	11	26	21	36	14 H
32	MECANICA	18	33	29	40	14 H
33	MECANICA	12	26	22	38	14 H
34	MECANICA	35	41	40	50	14 H
35	MECANICA	17	42	32	49	14 H

De los que entrenan 14 horas

Media ar	18,50	34,33	28,67	43,17
desv. Std	8,64	7,17	6,98	5,95

GRUPO DE CONTROL			Grupo sin entrenar de 25 personas				Gain MRT	Gain DAT
Alumno	Titulación que accede	0=mujer 1=hombre	pre -MRT	PRE-DAT	post-MRT	post-DAT		
1	agricola	0	10	18	12	29	2	11
2	electronica	0	16	35	17	44	1	9
3	electronica	0	9	22	11	43	2	21
4	agricola	0	15	36	22	41	7	5
5	agricola	0	2	15	4	16	2	1
6	agricola	0	14	26	18	27	4	1
7	agricola	0	18	42	32	43	14	1
8	agricola	0	16	24	17	30	1	6
9	agricola	0	12	33	16	39	4	6
10	agricola	1	34	41	36	49	2	8
11	agricola	1	36	42	38	47	2	5
12	electronica	1	15	32	17	42	2	10
13	electronica	1	8	15	12	13	4	-2
14	electronica	1	37	26	40	34	3	8
15	electronica	1	31	32	34	27	3	-5
16	agricola	1	16	25	17	39	1	14
17	agricola	1	30	46	26	44	-4	-2
18	agricola	1	8	10	18	22	10	12
19	agricola	1	10	26	24	20	14	-6
20	agricola	1	7	25	8	15	1	-10
21	agricola	1	26	41	36	42	10	1
22	agricola	1	8	20	17	30	9	10
23	agricola	1	22	32	30	45	8	13
24	agricola	1	21	35	28	45	7	10
25	agricola	1	15	11	22	12	7	1
MEDIA ARTI			17,44	28,40	22,08	33,52	4,64	5,12
DESV STD			9,82	10,17	9,94	11,77	4,36	7,13
			increase MRT	4,64				
			Increase DAT	5,12				

ANEXO 9

Resultados Encuestas de Satisfacción.

SISTEMA DIEDRICO

Sexo	Preg 1 Edad	Preg 2 Preg 3 0=S 1=N entrena HE por 1º vez?	Preg 4 horas curso asistencia	Preg 5 0=S 1=N provenido preparación	Preg 6 Valor 1		Como se entera del curso		horas diarias a trabajar con ordenador		7 valor 1		8 valor 1	
					matricula	carteles	compañeros	webb univ.	Convers prof/infor prof	otro	Menos 1	entre 1-2	entre 2-4	entre 4-8	Mas 8	No lo usa	Trabajar	Estudiar	Entrenamiento
Alumno 1	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 2	0	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 3	0	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 4	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 5	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 6	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 7	0	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 8	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 9	0	18	0	8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 10	0	23	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 11	1	20	1	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 12	1	17	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 13	1	17	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 14	1	18	1	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 15	1	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 16	1	18	1	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 17	1	17	1	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 18	1	21	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 19	1	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 20	1	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 21	1	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 1	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 2	0	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 3	0	26	1	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 4	0	26	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 5	0	24	0	8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 6	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 7	0	22	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 8	0	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 9	0	24	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 10	0	26	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 11	0	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 12	0	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 13	0	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 14	1	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 15	1	19	1	8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 16	1	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 17	1	20	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 18	1	19	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Alumno 19	1	18	0	10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

porcentaje

Menos 1	entre 1-2	entre 2-4	entre 4-8	Mas 8	No lo usa
9	21	6	1	1	2
22,5	52,5	15	2,5	2,5	5

Valores de 1-6	Opinion Curso																			
	0=S 1=N			0=S 1=N			0=S 1=N			0=S 1=N										
	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 1	Pregunta 2	Muy buena	Buena	Aceptable	Muy mala								
A4	4,700	4,300	4,450	4,475	4,450	4,950	92,5% S	20% S	67,5% MB	27,5% B	2,5% A	2,5% M	70% MU	30% U	57,5% MI	40% I	2,5% A	67,5% E	32,5% TM	
A5	0,648	0,588	0,758	0,784	0,932	0,846	7,5% N	80% N												
A6	0,093	0,120	0,124	0,147	0,147	0,134														
A7	El numero de ejercicios propuestos es adecuado, son suficientes para el tiempo dedicado.	Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.	Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios marcados por el profesor en cada sesion.	En la evaluacion hubo 6 ejercicios. ¿Cuantos ha tenido correctos?	¿Crees que el curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido disenado? (para decir si)	Para realizar este curso, ¿podrias haber trabajado de forma autonoma? Es decir sin nece	Las exposiciones y explicaciones teoricas del profesor la calificarias como	Dado que vas a estudiar una titulacion Tecnica, este curso que he realizado como iniciati	Dado que vas a estudiar una titulacion Tecnica, este curso que he realizado como iniciati	Dado que vas a estudiar una titulacion Tecnica, este curso que he realizado como iniciati										
A8																				
A9																				
B1																				
B2																				
B3																				
B4																				
B5																				
B6																				

Indicador para	MATERIAL RA						CONTENIDOS CURSO RA						APLICACION TECNOLOGIA RA						Opinion Curso																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40	D41	D42	D43	D44	D45	D46	D47	D48	D49	D50	D51	D52	D53	D54	D55	D56	D57	D58	D59	D60	D61	D62	D63	D64	D65	D66	D67	D68	D69	D70	D71	D72	D73	D74	D75	D76	D77	D78	D79	D80	D81	D82	D83	D84	D85	D86	D87	D88	D89	D90	D91	D92	D93	D94	D95	D96	D97	D98	D99	D100	D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112	D113	D114	D115	D116	D117	D118	D119	D120	D121	D122	D123	D124	D125	D126	D127	D128	D129	D130	D131	D132	D133	D134	D135	D136	D137	D138	D139	D140	D141	D142	D143	D144	D145	D146	D147	D148	D149	D150	D151	D152	D153	D154	D155	D156	D157	D158	D159	D160	D161	D162	D163	D164	D165	D166	D167	D168	D169	D170	D171	D172	D173	D174	D175	D176	D177	D178	D179	D180	D181	D182	D183	D184	D185	D186	D187	D188	D189	D190	D191	D192	D193	D194	D195	D196	D197	D198	D199	D200	D201	D202	D203	D204	D205	D206	D207	D208	D209	D210	D211	D212	D213	D214	D215	D216	D217	D218	D219	D220	D221	D222	D223	D224	D225	D226	D227	D228	D229	D230	D231	D232	D233	D234	D235	D236	D237	D238	D239	D240	D241	D242	D243	D244	D245	D246	D247	D248	D249	D250	D251	D252	D253	D254	D255	D256	D257	D258	D259	D260	D261	D262	D263	D264	D265	D266	D267	D268	D269	D270	D271	D272	D273	D274	D275	D276	D277	D278	D279	D280	D281	D282	D283	D284	D285	D286	D287	D288	D289	D290	D291	D292	D293	D294	D295	D296	D297	D298	D299	D300	D301	D302	D303	D304	D305	D306	D307	D308	D309	D310	D311	D312	D313	D314	D315	D316	D317	D318	D319	D320	D321	D322	D323	D324	D325	D326	D327	D328	D329	D330	D331	D332	D333	D334	D335	D336	D337	D338	D339	D340	D341	D342	D343	D344	D345	D346	D347	D348	D349	D350	D351	D352	D353	D354	D355	D356	D357	D358	D359	D360	D361	D362	D363	D364	D365	D366	D367	D368	D369	D370	D371	D372	D373	D374	D375	D376	D377	D378	D379	D380	D381	D382	D383	D384	D385	D386	D387	D388	D389	D390	D391	D392	D393	D394	D395	D396	D397	D398	D399	D400	D401	D402	D403	D404	D405	D406	D407	D408	D409	D410	D411	D412	D413	D414	D415	D416	D417	D418	D419	D420	D421	D422	D423	D424	D425	D426	D427	D428	D429	D430	D431	D432	D433	D434	D435	D436	D437	D438	D439	D440	D441	D442	D443	D444	D445	D446	D447	D448	D449	D450	D451	D452	D453	D454	D455	D456	D457	D458	D459	D460	D461	D462	D463	D464	D465	D466	D467	D468	D469	D470	D471	D472	D473	D474	D475	D476	D477	D478	D479	D480	D481	D482	D483	D484	D485	D486	D487	D488	D489	D490	D491	D492	D493	D494	D495	D496	D497	D498	D499	D500	D501	D502	D503	D504	D505	D506	D507	D508	D509	D510	D511	D512	D513	D514	D515	D516	D517	D518	D519	D520	D521	D522	D523	D524	D525	D526	D527	D528	D529	D530	D531	D532	D533	D534	D535	D536	D537	D538	D539	D540	D541	D542	D543	D544	D545	D546	D547	D548	D549	D550	D551	D552	D553	D554	D555	D556	D557	D558	D559	D560	D561	D562	D563	D564	D565	D566	D567	D568	D569	D570	D571	D572	D573	D574	D575	D576	D577	D578	D579	D580	D581	D582	D583	D584	D585	D586	D587	D588	D589	D590	D591	D592	D593	D594	D595	D596	D597	D598	D599	D600	D601	D602	D603	D604	D605	D606	D607	D608	D609	D610	D611	D612	D613	D614	D615	D616	D617	D618	D619	D620	D621	D622	D623	D624	D625	D626	D627	D628	D629	D630	D631	D632	D633	D634	D635	D636	D637	D638	D639	D640	D641	D642	D643	D644	D645	D646	D647	D648	D649	D650	D651	D652	D653	D654	D655	D656	D657	D658	D659	D660	D661	D662	D663	D664	D665	D666	D667	D668	D669	D670	D671	D672	D673	D674	D675	D676	D677	D678	D679	D680	D681	D682	D683	D684	D685	D686	D687	D688	D689	D690	D691	D692	D693	D694	D695	D696	D697	D698	D699	D700	D701	D702	D703	D704	D705	D706	D707	D708	D709	D710	D711	D712	D713	D714	D715	D716	D717	D718	D719	D720	D721	D722	D723	D724	D725	D726	D727	D728	D729	D730	D731	D732	D733	D734	D735	D736	D737	D738	D739	D740	D741	D742	D743	D744	D745	D746	D747	D748	D749	D750	D751	D752	D753	D754	D755	D756	D757	D758	D759	D760	D761	D762	D763	D764	D765	D766	D767	D768	D769	D770	D771	D772	D773	D774	D775	D776	D777	D778	D779	D780	D781	D782	D783	D784	D785	D786	D787	D788	D789	D790	D791	D792	D793	D794	D795	D796	D797	D798	D799	D800	D801	D802	D803	D804	D805	D806	D807	D808	D809	D810	D811	D812	D813	D814	D815	D816	D817	D818	D819	D820	D821	D822	D823	D824	D825	D826	D827	D828	D829	D830	D831	D832	D833	D834	D835	D836	D837	D838	D839	D840	D841	D842	D843	D844	D845	D846	D847	D848	D849	D850	D851	D852	D853	D854	D855	D856	D857	D858	D859	D860	D861	D862	D863	D864	D865	D866	D867	D868	D869	D870	D871	D872	D873	D874	D875	D876	D877	D878	D879	D880	D881	D882	D883	D884	D885	D886	D887	D888	D889	D890	D891	D892	D893	D894	D895	D896	D897	D898	D899	D900	D901	D902	D903	D904	D905	D906	D907	D908	D909	D910	D911	D912	D913	D914	D915	D916	D917	D918	D919	D920	D921	D922	D923	D924	D925	D926	D927	D928	D929	D930	D931	D932	D933	D934	D935	D936	D937	D938	D939	D940	D941	D942	D943	D944	D945	D946	D947	D948	D949	D950	D951	D952	D953	D954	D955	D956	D957	D958	D959	D960	D961	D962	D963	D964	D965	D966	D967	D968	D969	D970	D971	D972	D973	D974	D975	D976	D977	D978	D979	D980	D981	D982	D983	D984	D985	D986	D987	D988	D989	D990	D991	D992	D993	D994	D995	D996	D997	D998	D999	D1000	D1001	D1002	D1003	D1004	D1005	D1006	D1007	D1008	D1009	D1010	D1011	D1012	D1013	D1014	D1015	D1016	D1017	D1018	D1019	D1020	D1021	D1022	D1023	D1024	D1025	D1026	D1027	D1028	D1029	D1030	D1031	D1032	D1033	D1034	D1035	D1036	D1037	D1038	D1039	D1040	D1041	D1042	D1043	D1044	D1045	D1046	D1047	D1048	D1049	D1050	D1051	D1052	D1053	D1054	D1055	D1056	D1057	D1058	D1059	D1060	D1061	D1062	D1063	D1064	D1065	D1066	D1067	D1068	D1069	D1070	D1071	D1072	D1073	D1074	D1075	D1076	D1077	D1078	D1079	D1080	D1081	D1082	D1083	D1084	D1085	D1086	D1087	D1088	D1089	D1090	D1091	D1092	D1093	D1094	D1095	D1096	D1097	D1098	D1099	D1100	D1101	D1102	D1103	D1104	D1105	D1106	D1107	D1108	D1109	D1110	D1111	D1112	D1113	D1114	D1115	D1116	D1117	D1118	D1119	D1120	D1121	D1122	D1123	D1124	D1125	D1126	D1127	D1128	D1129	D1130	D1131	D1132	D1133	D1134	D1135	D1136	D1137	D1138	D1139	D1140	D1141	D1142	D1143	D1144	D1145	D1146	D1147	D1148	D1149	D1150	D1151	D1152	D1153	D1154	D1155	D1156	D1157	D1158	D1159	D1160	D1161	D1162	D1163	D1164	D1165	D1166	D1167	D1168	D1169	D1170	D1171	D1172	D1173	D1174	D1175	D1176	D1177	D1178	D1179	D1180	D1181	D1182	D1183	D1184	D1185	D1186	D1187	D1188	D1189	D1190	D1191	D1192	D1193	D1194	D1195	D1196	D1197	D1198	D1199	D1200	D1201	D1202	D1203	D1204	D1205	D1206	D1207	D1208	D1209	D1210	D1211	D1212	D1213	D1214	D1215	D1216	D1217	D1218	D1219	D1220	D1221	D1222	D1223	D1224	D1225	D1226	D1227	D1228	D1229	D1230	D1231	D1232	D1233	D1234	D1235	D1236	D1237	D1238	D1239	D1240	D1241	D1242	D1243	D1244	D1245	D1246	D1247	D1248	D1249	D1250	D1251	D1252	D1253	D1254	D1255	D1256	D1257	D1258	D1259	D1260	D1261	D1262	D1263	D1264	D1265	D1266	D1267	D1268	D1269	D1270	D1271	D1272	D1273	D1274	D1275	D1276	D1277	D1278	D1279	D1280	D1281	D1282	D1283	D1284	D1285	D1286	D1287	D1288	D1289	D1290	D1291	D1292	D1293	D1294	D1295	D1296	D1297	D1298	D1299	D1300	D1301	D1302	D1303	D1304	D1305	D1306	D1307	D1308	D1309	D1310	D1311	D1312	D1313	D1314	D1315	D1316	D1317	D1318	D1319	D1320	D1321	D1322	D1323	D1324	D1325	D1326	D1327	D1328	D1329	D1330	D1331	D1332	D1333	D1334	D1335	D1336	D1337	D1338	D1339	D1340	D1341	D1342	D1343	D1344	D1345	D1346	D1347	D1348	D1349	D1350	D1351	D1352	D1353	D1354	D1355	D1356	D1357	D1358	D1359	D1360	D1361	D1362	D1363	D1364	D1365	D1366	D1367	D1368	D1369	D1370	D1371	D1372	D1373	D1374	D1375	D1376	D1377	D1378	D1379	D1380	D1381	D1382	D1383	D1384	D1385	D1386	D1387	D1388	D1389	D1390	D1391	D1392	D1393	D1394	D1395	D1396	D1397	D1398	D1399	D1400	D1401	D1402	D1403	D1404	D1405	D1406	D1407	D1408	D1409	D1410	D1411	D1412	D1413	D1414	D1415	D1416	D1417	D1418	D1419	D1420	D1421	D1422	D1423	D1424	D1425	D1426	D1427	D1428	D1429	D1430	D1431	D1432	D1433	D1434	D1435	D1436	D1437	D1438	D1439	D1440	D1441	D1442	D1443	D1444	D1445	D1446	D1447	D1448	D1449	D1450	D1451	D1452	D1453	D1454	D1455	D1456	D1457	D1458	D1459	D1460	D1461	D1462	D1463	D1464

