

eman ta zabal zazu

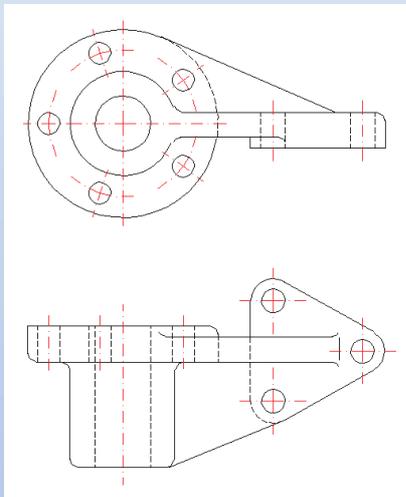


Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

**DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA Y PROYECTOS DE INGENIERÍA**

**TESIS DOCTORAL**

**ANÁLISIS CRÍTICO  
DE LA ENSEÑANZA DE VISUALIZACIÓN  
EN PRIMER CICLO DE UNIVERSIDAD  
Y PROPUESTA ALTERNATIVA  
DE ORIENTACIÓN CONSTRUCTIVISTA**



Mikel Garmendia Mujika

Donostia - San Sebastián, 2003

Directores:

Dr. D. Jenaro Guisasola Aranzabal  
Dr. D. Jokin Gorozika Bidaurrezaga

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco  
Euskal Herriko Unibertsitatea

DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**TESIS DOCTORAL**

**ANÁLISIS CRÍTICO  
DE LA ENSEÑANZA DE VISUALIZACIÓN  
EN PRIMER CICLO DE UNIVERSIDAD  
Y PROPUESTA ALTERNATIVA  
DE ORIENTACIÓN CONSTRUCTIVISTA**

Mikel Garmendia Mujika

Donostia - San Sebastián, 2003

Directores:

Dr. D. Jenaro Guisasola Aranzabal  
Dr. D. Jokin Gorozika Bidaurrezaga

## AGRADECIMIENTOS

Una tesis doctoral es un arduo trabajo que supone un gran esfuerzo personal, no exento de momentos de desánimo, y que requiere dosis de entrega, dedicación y constancia en el tiempo. Y sin embargo, no es en absoluto el resultado de un trabajo individual, sino el de todo un conjunto de personas que han colaborado de una u otra manera en su realización, y que me han apoyado y animado en todo momento durante su desarrollo. Deseo expresarles con estas líneas mi más sincero y profundo agradecimiento.

A todos mis compañeros del departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería, y especialmente a Joakin Albisua, Josean Oriozabala, Marian García, Rafa Ciriza, Itziar Gonzalez y Agustín Arias, por su disposición a colaborar en todo momento, aportando su experiencia, su opinión, sus reflexiones, y su tiempo.

A todos los estudiantes que han participado en este trabajo: a Aitor Barrenetxea, Olatz Aramburu, Mikel Hernandez, Gaizka Arregi y Eneko Iza, que realizaron sus proyectos finales de carrera desarrollando el sistema multimedia que utilizamos ahora en el aula. A los alumnos que se prestaron a la realización de las entrevistas personales para la determinación de deficiencias y dificultades de aprendizaje en visualización. A todos los alumnos de mis grupos de docencia, que han participado en la experimentación de la propuesta alternativa y me han dado a conocer sus impresiones y propuestas de mejora.

Al Dr. Jokin Gorozika, por su disponibilidad, su estímulo, y su eficiente ayuda en la dirección de este trabajo de investigación.

Un agradecimiento muy especial para el Dr. Jenaro Guisasola, de quien aprendí Física en el Bachillerato, y de quien he aprendido ahora los valiosos conocimientos de didáctica que hemos aplicado en la propuesta alternativa. Su paciencia, su saber hacer, su dedicación, y sus consejos han guiado por el buen camino este trabajo. No sólo me ha mostrado las posibilidades de la investigación didáctica, sino que también me ha enseñado a enseñar, y en consecuencia, a lograr que mis alumnos aprendan mejor.

A todos vosotros, quienes me habéis apoyado y animado, y de quienes tanto he aprendido. Fruto de vuestra colaboración es el resultado de este trabajo.

Guztioi, bihotz bihotzez, eskerrik asko.

*Nuestro espacio tridimensional es la única realidad verdadera que conocemos. Lo bidimensional es tan de ficción como la cuarta dimensión, porque nada es plano, ni el espejo más pulido. Y aunque nos adherimos a la convención de que una pared y una hoja de papel son planos, desde tiempo inmemorial producimos la ilusión del espacio en estas superficies. Sin duda es un poco absurdo dibujar unas pocas líneas y afirmar: “esto es una casa”.*

*Max Escher*

## 0. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E ÍNDICE GENERAL.

En el área de Expresión Gráfica, y concretamente, en el aprendizaje de la visualización de piezas a partir de sus proyecciones en el plano, los profesores que impartimos docencia en el primer curso de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial nos encontramos con serias deficiencias y dificultades de aprendizaje entre los alumnos que cursan esta asignatura.

Se da la circunstancia de que incluso aquellos alumnos que obtienen un elevado rendimiento académico en otras asignaturas presentan problemas en la resolución de problemas de visualización de piezas y llegan a suspender esta materia:

*“Con mucha frecuencia, los profesores de Dibujo Técnico y Sistemas de Representación se encuentran ante alumnos que, aún 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. (Pérez Carrión, 1998).*

La unidad didáctica de visualización es básica y fundamental en la asignatura de Expresión Gráfica. Sin unos conocimientos mínimos en visualización, resulta prácticamente imposible entender y seguir el resto de unidades didácticas de la asignatura (cortes y secciones, conjuntos, etc.), y por supuesto, impide la comprensión y lectura de los planos industriales de piezas y mecanismos. Es por tanto fundamental también en el ejercicio de la profesión del ingeniero:

*“El dibujo de ingeniería técnica es el lenguaje gráfico usado en el mundo industrial por los ingenieros para expresar y registrar las ideas e información necesarias para la construcción de máquinas y estructuras.*

*Por esto, como fundamento sobre el cual se basan todos los proyectos y la ejecución subsiguiente, el dibujo de ingeniería se ha convertido, con la posible excepción de la Matemática, en la rama simple más importante del estudio en una escuela técnica. Todo estudiante de ingeniería debe saber cómo se hacen y cómo se leen o interpretan los dibujos. Este asunto es esencial en todos los tipos de ingeniería práctica. La sala de*

*dibujo es frecuentemente la puerta de entrada a la industria, pues aun cuando haya alguien que nunca tenga que hacer dibujos, deberá estar capacitado para interpretarlos y saber si un dibujo es o no correcto. Un ingeniero sin el conocimiento práctico del lenguaje de su carrera sería profesionalmente un analfabeto.*

*El ingeniero debe capacitarse para leer y escribir el lenguaje del dibujo. La necesidad de aprender a leer es absoluta, porque toda persona relacionada con la industria técnica debe ser capaz de leer, o sea interpretar, un dibujo sin titubeos. El carecer de esta habilidad sería una muestra de analfabetismo técnico.” (French, 1958)*

Siendo clara la importancia de la unidad de visualización como unidad base de la asignatura de Expresión Gráfica, y en el ejercicio de la profesión del ingeniero, cabe preguntarse por las causas por las cuales algunos estudiantes tienen serios problemas de aprendizaje en este tema.

Así pues, nos planteamos como objetivo analizar el proceso de enseñanza-aprendizaje para caracterizar las causas de esta situación. Ello implica analizar los dos aspectos del proceso: por un lado, las dificultades conceptuales o procedimentales que presenta la visualización de piezas, y por otro, cómo se enseña o cómo se consigue que el alumno aprenda. Este diagnóstico debe permitirnos elaborar una propuesta alternativa cuya puesta en práctica mejore significativamente los resultados de partida.

De acuerdo con la problemática descrita, los interrogantes que nos planteamos son los siguientes:

1. ¿Cuáles son las principales dificultades que tienen los estudiantes a la hora de comprender los conceptos y procedimientos básicos relativos a la visualización de piezas?
2. La enseñanza habitual de la visualización de piezas, ¿da lugar a un aprendizaje comprensivo, o bien posee deficiencias que hacen previsible un escaso aprendizaje?
3. ¿Es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación didáctica y que proporcione una mejora significativa en el

aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes hacia la asignatura?

La investigación didáctica ha aportado soluciones para otras materias y asignaturas en otras áreas de docencia. Sin embargo, en el área de Expresión Gráfica son pocas las investigaciones realizadas en este campo, siendo ésta una de las razones por las cuales existe un vacío en la formación y entrenamiento en los problemas de visualización.

Tratando de determinar el origen de las dificultades que tienen los estudiantes en la visualización de piezas, nos planteamos a título de hipótesis que dicha dificultad podría estar centrada en los procedimientos de visualización, más que en los conceptos o la teoría que la sustentan. Creemos que no se trata tanto de una deficiencia en el conocimiento declarativo, en el “saber”, sino más bien en el “saber hacer”. El alumno afirma comprender la teoría que sustenta la Expresión Gráfica, pero a la hora de resolver problemas de visualización de piezas parece tropezar con dificultades procedimentales y de razonamiento en la resolución del problema planteado.

Nos planteamos a título de hipótesis la posibilidad de que el tratamiento a este problema pudiera consistir en analizar mejor el proceso de resolución de los problemas de visualización, tratando de encontrar un *conocimiento procedimental* que podamos enseñar al alumno, de manera que le permita abordar con éxito la resolución de estos problemas.

El análisis crítico de la enseñanza habitual deberá incluir diseños centrados en el contenido de los *libros de texto*, así como en las *estrategias de enseñanza* seguidas por el profesorado.

Por otro lado, en los últimos años, se ha producido un auge de los programas multimedia desarrollados para su utilización en la enseñanza. El uso de los ordenadores en el proceso de aprendizaje abre cada día nuevas e interesantes posibilidades en todos los campos y concretamente en el de la visualización. Nadie duda de que los recursos que aportan las *Nuevas Tecnologías* pueden enriquecer y facilitar el aprendizaje. Sin embargo, la tecnología informática, por sí misma, no es garantía de calidad en la enseñanza ni sinónimo de renovación pedagógica (Garrido, 1999). Son pocas las

investigaciones realizadas sobre el modo óptimo de integrarlas en la docencia o sobre los resultados conseguidos con su utilización. Éste será por tanto otro aspecto que habrá de ser tratado.

Por último, y a la hora de plantearnos una propuesta alternativa coherente con los resultados de la investigación didáctica, habrán de ser tenidas en cuenta las aportaciones que el paradigma *constructivista* de enseñanza/aprendizaje está produciendo en todos los ámbitos de la docencia.

Planteados los interrogantes, los diversos aspectos y las tendencias actuales que se observan en la innovación y mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje que orientarán el trabajo de investigación, distinguiremos cuatro partes diferenciadas para concretar, profundizar, desarrollar y responder a las mismas.

La **primera parte** tiene como objetivo clarificar el concepto de “visualización” de piezas, determinando a continuación los contenidos conceptuales y procedimentales que caracterizarían un aprendizaje comprensivo del mismo.

En consecuencia, el capítulo 1 se estructura definiendo en primer lugar qué se entiende por “visualización”, abordando su significado desde diversos puntos de vista y destacando su importancia en el proceso de diseño y el ejercicio de la profesión del ingeniero, para mostrar a continuación los resultados de la investigación en cuanto a los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización. Como consecuencia de los contenidos explicitados, se propone un modelo de resolución de problemas de visualización que integra tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales, desarrollado a partir de la revisión bibliográfica y de las aportaciones de varios expertos. Finalmente, se establecen los indicadores de comprensión que determinarían que un estudiante posee los conocimientos necesarios para visualizar.

En la **segunda parte**, se realiza un análisis crítico de la *enseñanza habitual* de la visualización de piezas. En el capítulo 2, se justifica y enuncia la *primera hipótesis* general de situación, que sostiene que la enseñanza habitual de visualización adolece de deficiencias didácticas que contribuyen a que los estudiantes no interpreten

correctamente o visualicen en el espacio las representaciones en el plano de piezas industriales.

En el capítulo 3 se operativiza la primera hipótesis desarrollando diversos diseños de contrastación. Esto implica la enumeración y análisis de diversos aspectos implicados en la enseñanza/aprendizaje habitual de la visualización de piezas. Este análisis se ha dirigido hacia los dos aspectos principales del proceso. De una parte, hacia la **enseñanza** que se imparte, y que tiene como protagonistas principales a *los libros de texto* y al *profesorado*. En segundo lugar, hacia el **aprendizaje** logrado por *los alumnos* tras este tipo de enseñanza.

En el capítulo 4 se presentan los resultados de esos análisis, mostrando así mismo las deficiencias y dificultades presentes en el aprendizaje de los alumnos.

La **tercera parte**, se estructura en torno a la segunda hipótesis general, que constituye la *propuesta alternativa*, y que sostiene que es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación didáctica y que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes de los alumnos en la visualización de piezas.

En el capítulo 5 se expone cómo se ha diseñado y desarrollado la propuesta alternativa, mostrando sus características básicas y el programa de actividades desarrollado como recurso didáctico para la visualización de piezas, tratando a continuación en el capítulo 6 la operativización y los diseños experimentales para la validación de la segunda hipótesis. En el capítulo 7, se muestran los resultados obtenidos en la valoración de la propuesta desde el punto de vista de la *enseñanza*, y se presentan y analizan así mismo las mejoras en los resultados obtenidos en el *aprendizaje* logrado con la propuesta alternativa, mediante la contrastación entre grupos de control y experimentales.

Por último, la **cuarta parte** recoge a modo de síntesis las conclusiones fundamentales obtenidas de la investigación realizada y se formulan nuevos interrogantes que sugieren nuevos trabajos que podrían abordarse en el futuro.

## ÍNDICE GENERAL

### PRIMERA PARTE

<b>Concepto de visualización y caracterización de un aprendizaje comprensivo. Indicadores de comprensión en visualización de piezas.</b> .....	10
--	----

#### Capítulo 1.

<b>El concepto de visualización: indicadores de su comprensión en la enseñanza aprendizaje.</b> .....	11
---	----

1.1. Definición e importancia de la “visualización” .....	11
1.1.1 Habilidades de visualización .....	13
1.1.2. El ciclo de la visualización .....	14
1.1.3. La visualización del diseño .....	14
1.1.4. Realidad virtual y visualización .....	15
1.2. Caracterización de un aprendizaje comprensivo de la visualización de piezas .....	15
1.2.1. Contenidos conceptuales o teóricos implicados en la visualización de piezas .	16
1.2.2. Contenidos procedimentales en visualización de piezas .....	18
1.2.2.1. Investigación didáctica en contenidos procedimentales .....	18
1.2.2.2. Aspectos del “conocimiento procedimental” .....	20
1.2.2.3. Clasificación de contenidos procedimentales .....	24
1.2.2.4. Modelo de resolución de problemas .....	29
1.3. Modelo de resolución de problemas de visualización .....	30
1.4. Indicadores de comprensión en visualización .....	64

### SEGUNDA PARTE

<b>Análisis de la enseñanza habitual de la visualización.</b> .....	66
---	----

#### Capítulo 2.

<b>Justificación y enunciado de la primera hipótesis de trabajo.</b> .....	67
--	----

2.1. Dificultades de enseñanza en la visualización de piezas .....	67
2.2. Dificultades de aprendizaje de los estudiantes en la visualización de piezas .....	70
2.3. Enunciado de la primera hipótesis .....	71

#### Capítulo 3.

<b>Operativización de la primera hipótesis y diseños experimentales correspondientes.</b> .....	73
---	----

3.1. Operativización de la primera hipótesis y visión general del diseño .....	73
3.2. Consecuencias contrastables de la primera hipótesis, relativas a las deficiencias didácticas de la enseñanza habitual .....	75

3.3. Consecuencias contrastables de la primera hipótesis, relativas a las deficiencias en el aprendizaje logrado con la enseñanza habitual .....	76
3.4. Diseños centrados en el análisis crítico de la <i>enseñanza</i> habitual .....	78
3.4.1. Diseños para contrastar deficiencias relativas a la organización, contenidos, y actividades propuestas en los <i>libros de texto</i> relativas a la visualización de piezas .....	79
3.4.2. Diseños para contrastar deficiencias relativas a las programaciones, estrategias didácticas y formas de evaluación utilizados por el <i>profesorado</i> ...	82
3.5. Diseños centrados en el <i>aprendizaje</i> logrado en la enseñanza habitual .....	85
3.5.1. Elección de los problemas de visualización .....	86
3.5.2. Protocolo de corrección de los problemas de visualización .....	102
3.5.3. Guión de la entrevista .....	106

#### Capítulo 4.

<b>Presentación y análisis de los resultados en la contrastación experimental de la primera hipótesis.</b> .....	109
4.1. Resultados centrados en el análisis crítico de la <i>enseñanza</i> habitual .....	109
4.1.1. Resultados del análisis de la organización, contenidos, y actividades propuestas en los <i>libros de texto</i> relativas a la visualización de piezas .....	110
4.1.2. Resultados del análisis de las programaciones, estrategias didácticas y formas de evaluación utilizados por el <i>profesorado</i> .....	122
4.2. Resultados centrados en el análisis del aprendizaje logrado por los estudiantes en la enseñanza habitual .....	137
4.2.1. Resultados del análisis en la resolución de problemas de visualización .....	138
4.2.2. Resumen de deficiencias y dificultades de los estudiantes en la resolución de problemas de visualización .....	189

#### TERCERA PARTE

<b>Propuesta alternativa de enseñanza-aprendizaje de la visualización.</b> .....	194
--	-----

#### Capítulo 5.

<b>Enunciado y fundamentación de la segunda hipótesis de trabajo.</b> .....	195
5.1. Desarrollo y características de la propuesta alternativa. ....	196
5.2. Marco de enseñanza de orientación constructivista. ....	200
5.3. Integración de un sistema multimedia. ....	209
5.3.1. Introducción y antecedentes sobre las TIC .....	209
5.3.2. Realidad virtual y visualización .....	214
5.3.3. Características del sistema multimedia desarrollado .....	218
5.3.4. Metodología didáctica en la utilización del sistema multimedia .....	222
5.4. El programa de actividades como modelo de intervención didáctica en el aula en la visualización de piezas .....	227
5.4.1. Características generales del programa de actividades .....	227
5.4.2. Diseño del programa de actividades en la visualización de piezas .....	231

**Capítulo 6.****Operativización de la segunda hipótesis y diseños experimentales correspondientes.** .....

6.1. Operativización de la segunda hipótesis y visión general del diseño .....	242
6.2. Diseños experimentales centrados en la enseñanza impartida con la propuesta alternativa .....	244
6.2.1. Presentación del programa de actividades en visualización de piezas .....	244
6.3. Diseños experimentales centrados en el aprendizaje logrado con la propuesta alternativa .....	270
6.3.1. Diseños para contrastar que los estudiantes de los grupos experimentales obtienen mejores resultados en el aprendizaje de la visualización que los del grupo de control .....	270
6.3.1.1. Diseños para contrastar la mejora en la resolución correcta de los problemas de visualización .....	271
6.3.1.2. Diseños para valorar la mejora en los razonamientos y argumentos empleados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización .....	273
6.3.1.3. Diseños para contrastar la mejora que la utilización del sistema multimedia produce en la capacidad espacial del estudiante .....	274
6.3.2. Diseño para contrastar las actitudes del alumnado hacia la nueva propuesta de enseñanza de visualización .....	276
6.3.2.1. Diseño para medir la actitud de los alumnos de los grupos experimentales hacia el aprendizaje de la visualización con la nueva propuesta .....	277
6.3.2.2. Prueba en situación “cuasiciega” para valorar la actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de la asignatura de Expresión Gráfica .	279
6.4. Diseños para mostrar que los profesores valoran positivamente la nueva propuesta de enseñanza de visualización .....	281
6.4.1 Diseño para mostrar que los profesores en activo valoran positivamente la nueva propuesta de enseñanza de visualización .....	281
6.4.2 Diseño para contrastar que los profesores debidamente tutorizados pueden implementar en sus clases el programa de actividades propuesto, y lo valoran positivamente .....	283

**Capítulo 7.****Presentación y análisis de los resultados en la contrastación experimental de la segunda hipótesis.** .....

7.1. Resultados que muestran la mejora en la resolución correcta de los problemas de visualización en los grupos experimentales .....	286
7.2. Resultados que muestran la mejora en los razonamientos y argumentos empleados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización .....	288
7.3. Resultados que no apoyan la mejora que la utilización del sistema multimedia produce en la capacidad espacial del estudiante .....	298
7.4. Resultados que muestran que la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje de la visualización .....	300
7.5. Resultados que muestran que la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje de la asignatura de Expresión Gráfica	304

7.6. Resultados que muestran que los profesores en activo valoran positivamente la nueva propuesta de enseñanza de visualización .....	306
7.7. Resultados que muestran que los profesores debidamente tutorizados pueden implementar en sus clases el programa de actividades propuesto, y lo valoran positivamente .....	308
 <b>CUARTA PARTE</b>	
<b>Conclusiones y perspectivas.</b> .....	314
 <b>Capítulo 8</b>	
<b>Conclusiones y perspectivas.</b> .....	315
8.1. Conclusiones .....	315
8.2. Nuevos trabajos .....	320
 <b>ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA</b> .....	323
 <b>Anexo I. Relación de libros de texto analizados</b> .....	324
 <b>Referencias bibliográficas</b> .....	325

# **PRIMERA PARTE**

## **CONCEPTO DE VISUALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN APRENDIZAJE COMPRENSIVO. INDICADORES DE COMPRENSIÓN EN VISUALIZACIÓN DE PIEZAS.**

*Una imagen vale más que mil palabras, pero sólo si usted puede descifrarla.*

*Stephen M. Kosslyn*

## **CAPÍTULO 1.**

### **EL CONCEPTO DE VISUALIZACIÓN: INDICADORES DE SU COMPRENSIÓN EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE.**

Este capítulo tiene como objetivo mostrar las concepciones actuales sobre la visualización de piezas que constituyen la fundamentación teórica de los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la resolución de este tipo de problemas.

Para ello, se ha recurrido a la búsqueda y revisión de diversas fuentes de información, como los libros de texto, entrevistas a expertos en el ámbito de la visualización, o a las aportaciones de la investigación didáctica en la resolución de problemas y en contenidos procedimentales.

Este capítulo se estructura definiendo en primer lugar lo que entendemos por “visualización”, para mostrar a continuación los resultados de la investigación en cuanto a los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización. Como consecuencia de los contenidos explicitados, se desarrolla un modelo de resolución de problemas de visualización que integra tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales, modelo que ha sido consensuado con varios expertos. Finalmente, se termina enunciando los indicadores de comprensión que determinarían que un estudiante posee los conocimientos necesarios para resolver este tipo de problemas.

#### **1.1. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LA “VISUALIZACIÓN”.**

En la revisión bibliográfica se define “visualización” de diversas maneras, pero como podremos ver en las definiciones extraídas como ejemplo de varios libros de texto, básicamente hay un consenso general sobre su significado. Prácticamente todos los autores añaden además a la definición de visualización consideraciones sobre su importancia y necesidad de dominio. En este apartado pretendemos por tanto, concretar por un lado lo que se entiende por visualización, y justificar por otro, la razón por la que este trabajo de investigación se ha centrado en este tema y no en otro, dada su importancia en el marco de la ingeniería industrial.

*“Se entiende por visualizar el hecho de imaginarse el cuerpo en el espacio, es decir, ver en tres dimensiones la imagen de un cuerpo dado por sus vistas...La lectura de vistas o interpretación de las mismas es el trabajo del técnico, es decir, a partir de las vistas debe saber materializar el cuerpo en el espacio.” (Revilla, 1992).*

*“La visualización es la comprensión mental de la información visual. Para estudiantes de ingeniería y tecnología, la habilidad de visualización puede ser muy importante en la comprensión de los conceptos fundamentales de las gráficas técnicas.” (Bertoline, 1997).*

*“La habilidad para leer un dibujo es de la mayor importancia, y el joven ingeniero habrá de necesitar de tal habilidad en el transcurso de toda su vida profesional. Todas las autoridades están de acuerdo en que la habilidad para pensar en tres dimensiones es uno de los requisitos más importantes del científico y el ingeniero que alcanzan el éxito. En la práctica, esto significa la habilidad para estudiar las vistas de un objeto y para formarse una imagen mental del mismo, o sea, para visualizar su forma en tres dimensiones. Tal adiestramiento para visualizar objetos en el espacio, para usar la imaginación constructiva, es uno de los valores principales a obtener mediante el estudio del lenguaje gráfico. La habilidad para visualizar la poseen de grado extraordinario las personas de habilidad creadora poco común. Es difícil concebir un Edison, un De Forest o un Einstein con capacidad deficiente en cuanto a imaginación constructiva.” (Giesecke, 1979).*

*“Leer o interpretar un dibujo es esencialmente una inversión de los procesos mentales usados para escribir el lenguaje gráfico, o sea dibujar técnicamente. Al hacer un dibujo, se progresa desde el conocimiento visual de la forma del objeto hasta la representación completa de esa forma; mientras que al leer un dibujo, se parte de éste con desconocimiento de la forma del objeto y se progresa hasta una comprensión de cada detalle de dicha forma. Un dibujo se lee visualizando los conjuntos o los detalles uno por uno a partir de la representación diédrica, orientando y relacionando los unos con los otros estos detalles hasta interpretar finalmente el objeto completo.” (French y Vierck, 1954).*

### **1.1.1. Habilidades de visualización**

El cerebro tiene una habilidad sorprendente para procesar información visual. De manera inconsciente, el cerebro controla la navegación cuando una persona camina por un lugar y conduce un automóvil. El deseo del cerebro de organizar la información visual de lo que nos rodea le permite ver las nubes o las estrellas y ver las formas de animales, objetos personales o personas. Los ingenieros, científicos y técnicos pueden poner a trabajar esta habilidad natural de visualización de maneras más estructuradas, con la finalidad de resolver problemas.

Nikola Tesla, uno de los grandes inventores de la electrónica, dijo que era capaz de diseñar exclusivamente con imágenes en su cabeza. Leonardo Da Vinci, uno de los grandes inventores de la humanidad, utilizaba dibujos como una parte integral de sus procesos de diseño. El famoso científico Albert Einstein utilizó la imaginación visual para resolver problemas complejos en la física. Einstein manifestó una vez: *“Parece ser que las palabras o el lenguaje, sea oral o escrito, no tienen ningún papel en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades psíquicas que sirven como elementos del pensamiento son ciertos signos e imágenes más o menos claras, que pueden producirse y combinarse a voluntad.”*

Todas las personas tienen la habilidad de emplear la imaginación para resolver problemas cuya naturaleza sea espacial. Tal vez sea posible que el lector no tenga la habilidad de Tesla para completar diseños, desde el principio hasta el final, en su mente. Sin embargo, encontrará que la transformación de sus ideas en imágenes gráficas tangibles sirve como registro permanente de esas ideas y como medio para fomentar el pensamiento creativo.

El lector no tiene que dibujar tan bien como Leonardo Da Vinci para que sus gráficas puedan emplearse en el proceso de diseño. Las gráficas técnicas, como parte del proceso de visualización, pueden tomar muchas formas. Algunas de ellas son códigos personales visuales (por ejemplo, croquis, notas, dibujos en una servilleta, etcétera), únicamente para ser vistos y utilizados por la persona que los dibujó. Otras gráficas son mucho más formales y usualmente pretenden comunicar ideas a una audiencia mayor. Si bien la creación de estas gráficas más formales puede requerir una habilidad considerable, los

sistemas de hardware y software para gráficas que hay en la actualidad constituyen un estupendo compensador para aquellos que no tienen la habilidad natural para expresar visualmente sus ideas.

### **1.1.2. El ciclo de la visualización**

Para utilizar con eficacia y rapidez las gráficas como un vehículo para visualizar ideas de diseño, es necesario comprender que las gráficas en dos dimensiones que el lector dibuja, ya sea sobre papel o en la pantalla de una computadora, son una representación de información existente en otra forma.

A través de los croquis se dibuja exactamente lo que se observa, como si hubiera una conexión directa entre la mano y el objeto que se dibuja. De hecho, la mente y la información que recibe visualmente juegan un papel muy importante al determinar lo que el lápiz dibuja sobre el papel.

La mente procesa e interpreta la información visual y controla los músculos que sostienen el lápiz. Al igual que el objeto 3D, los dibujos que se forman en el papel también pueden verse y sirven para organizar y enfocar las imágenes en la mente. Por tanto, se forma un lazo de retroalimentación entre mente, lápiz/mano y dibujo lo bastante poderoso para omitir totalmente el objeto 3D. En otras palabras, la imagen puede formarse en la mente sin ayuda de un objeto real. Ahora el croquis incluso tiene un papel más importante, pues el objeto real no está a la vista (incluso puede no existir), con lo que el croquis se convierte en el único registro del objeto. Los ojos y la mente, al examinar el croquis, pueden comenzar a modificar y desarrollar el objeto, producir nuevos croquis y comenzar todo el ciclo otra vez. Éste es el ciclo de la visualización.

### **1.1.3. La visualización del diseño**

La visualización es una parte importante e integral del proceso de diseño. Ya sea que utilicen una computadora o una mesa de dibujo, ingenieros y técnicos deben tener la habilidad de documentar sus diseños terminados, con base en estándares bien definidos para gráficas técnicas. También deben tener la habilidad para comprender, en un nivel más profundo, las formas tridimensionales que están documentando.

La habilidad para visualizar formas en la mente mejora la capacidad para comprender tanto los objetos que ya existen como aquellos que aún no se fabrican. La visualización de formas en tres dimensiones permite jugar con cuestiones del tipo *qué pasa si* en las primeras etapas del diseño, antes de que existan modelos físicos. La habilidad para visualizar también permitirá, posteriormente, analizar espacialmente problemas más detallados.

#### **1.1.4. Realidad virtual y visualización**

Otra manera de mejorar la habilidad de las personas para visualizar un objeto o escena en 3D es hacer su experiencia lo más realista posible. Si se dispone del objeto o la escena reales para experimentar con ellos, entonces las personas podrán poner todos sus sentidos a trabajar viendo, tocando, escuchando y moviéndose por el espacio. Pero muchas veces el objeto real no está disponible, ya sea porque éste no existe (por ejemplo, el diseño de un producto nuevo) o porque es demasiado costoso o peligroso (por ejemplo, un avión de combate). Con frecuencia, cuando el objeto real no está disponible, las herramientas de CAD pueden emplearse para construir un modelo virtual del objeto o escena. La meta no es sólo hacer el modelo lo más realista posible sino también permitir una mejor interacción con el modelo, con lo que se crea una realidad virtual. Esta tecnología lucha por crear un sentido de “estar ahí”, como si fuese una experiencia real. (Bertoline, 1997).

#### **1.2. CARACTERIZACIÓN DE UN APRENDIZAJE COMPRENSIVO DE LA VISUALIZACIÓN DE PIEZAS.**

Como ha quedado reflejado en el apartado anterior, nos referiremos a la visualización como a la capacidad de leer e interpretar las vistas diédricas de un objeto, realizando la representación espacial del mismo en perspectiva como forma de plasmar y comprobar la correcta interpretación de la representación del objeto en el plano.

Con el objetivo de limitar el campo de investigación de la tesis, no se estudiará la visualización de piezas representadas con cortes o secciones, ni la visualización de

mecanismos compuestos por varias piezas, sino que nos referiremos en todo momento a la visualización de objetos o piezas representadas aisladamente.

Teniendo en cuenta que la visualización se imparte en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso de las titulaciones de Ingeniería Técnica, nos centraremos especialmente en la fase inicial del proceso de aprendizaje de visualización, tomando así mismo en consideración que el alumno que inicia la titulación puede acceder a la carrera universitaria sin conocimientos previos de Dibujo Técnico.

Para determinar las características que condicionan el aprendizaje comprensivo de la visualización de piezas, se han analizado por un lado los contenidos conceptuales o teóricos implicados en la visualización, y por otro los contenidos procedimentales.

### **1.2.1. Contenidos conceptuales o teóricos implicados en la visualización de piezas**

Para la determinación de los contenidos teóricos que un estudiante debe conocer para poder resolver problemas de visualización, se ha recurrido a dos fuentes de información: Por un lado, los libros de texto, y por otro, los expertos.

En el caso de los libros de texto, al realizar la revisión bibliográfica, se analizan los contenidos propuestos relativos a la visualización de piezas siguiendo un estadillo (apartado 3.4.1).

A los expertos se les ha pedido que enumeren los contenidos conceptuales necesarios en la visualización de piezas, según se indica en un ítem del cuestionario preparado para las entrevistas personales (apartado 3.4.2).

Como consecuencia de éste análisis, los contenidos conceptuales o teóricos implicados en la visualización se enuncian a continuación de manera resumida:

- Conocer los fundamentos del *sistema de representación diédrico y en perspectiva*.
- Conocer los distintos *tipos de plano*, su clasificación, y las *proyecciones* a que dan lugar.

- Conocer los distintos *métodos y estrategias de resolución* y su limitación y conveniencia de uso según las características de la pieza.
- Conocer las *condiciones o reglas de correspondencia* entre proyecciones de una vista a otra, es decir, conocer la *homografía de correspondencia* entre las proyecciones, obtenidas como consecuencia de los *invariantes proyectivos*.

Respecto a los fundamentos de los sistemas de representación diédricos y en perspectiva, el alumno deberá conocer las normas de representación establecidas para cada uno de ellos, como la situación de las vistas, la representación del contorno de los planos, superficies curvas y cilíndricas, rectas, agujeros, etc.

La clasificación habitual de los tipos de plano que se observa en los libros de texto es:

- Planos paralelos a los de proyección
- Planos perpendiculares a los de proyección
- Planos oblicuos

Los distintos métodos de resolución que pueden utilizarse y que serán más o menos idóneas en función de las características de la pieza son:

- Método de eliminación de volúmenes, vaciado o análisis de sólidos (formas geométricas primitivas).
- Análisis de superficies mediante correspondencia entre proyecciones.
- Método de Echkart (o Método de los cortes).

En el caso de los invariantes proyectivos, para una proyección cilíndrica ortogonal como la constituida por el sistema de representación diédrico, es necesario saber que las propiedades métricas, como las longitudes, los ángulos, o la perpendicularidad, no constituyen invariantes proyectivos, y sí, sin embargo, la pertenencia, la intersección, la tangencia, el paralelismo, o la proporcionalidad, entre otros. Existe además una homografía de correspondencia entre los planos, línea y puntos que constituyen las proyecciones de una pieza en las direcciones de proyección al pasar de una vista a otra. Esto implica que una superficie mantendrá una configuración y número de lados

similares en todas las vistas, a menos que la superficie se vea como una arista en alguna de las vistas por ser proyectante a la misma.

En el apartado 1.3. se desarrollan de manera más extensa estos contenidos conceptuales o teóricos, integrados en un modelo de resolución que incluye además contenidos procedimentales.

### **1.2.2. Contenidos procedimentales en visualización de piezas**

#### 1.2.2.1. investigación didáctica en contenidos procedimentales

Uno de los términos que parece novedoso tras la implantación de las últimas reformas de estudios es el de *contenido procedimental*. En las últimas modificaciones de los currículos y no sólo en España, se ha puesto mucho énfasis en este tipo de conocimiento académico. Así se puede apreciar en el National Curriculum Council de Inglaterra y Gales, en el proyecto Science for all Americans de la AASS, en los programas de las Junior High School de Alberta, en Canadá, o en las orientaciones de la UNESCO en su Conferencia sobre Educación en Ciencia y Tecnología de París en 1984.

Esto ha motivado que muchos investigadores analicen las consecuencias de estos cambios institucionales: qué exigencias lleva consigo la incorporación de los contenidos procedimentales al aula (Lucas, 1990), qué piensan los profesores sobre los mismos (Abell y Smith, 1994; Haney et al., 1996; Nott y Wellington, 1996) y, en general, qué elementos innovadores se introducen con la presencia de estos conocimientos respecto a la situación anterior (Bunchan y Jenkins, 1992; Roberts, 1995; Galbraith et al., 1997).

Pero no sólo las reformas han incidido en los contenidos procedimentales. También lo han hecho los nuevos enfoques del currículo como ciencia-tecnología-sociedad (Aikenhead y Ryan, 1992; Gilbert, 1992; Roberts, 1995) o ámbitos emblemáticos de la investigación en la enseñanza de las ciencias. Así, en las revisiones bibliográficas sobre la utilización de los trabajos prácticos, se manifiesta inequívocamente la importancia de los procedimientos (Barberá y Valdés, 1996). También aparecen en investigaciones sobre propuestas metodológicas donde el trabajo práctico juega un papel fundamental (Chang y Lederman, 1994; Watson, 1994; Fraser et al., 1995; Gangoli y Gurumurthy,

1995). Incluso, investigaciones sobre qué contenidos están implícitos en las actividades prácticas de los libros de texto (Bastida et al., 1990; Tamir y García, 1992; Germann et al., 1996).

Y respecto a la resolución de problemas, los nuevos enfoques ponen de manifiesto la existencia de una gran variedad de contenidos procedimentales (Sigüenza y Saez, 1990; Perales, 1993; Watson, 1994).

También hay otras aportaciones en las que este tipo de conocimientos juega un papel relevante: qué estrategias elaboran los alumnos y cómo las utilizan para dar respuesta a las situaciones problemáticas que se le presentan en el aula (Njoo y Jong, 1993; Langlois et al., 1995; Lee y Fensham, 1996; Lee et al., 1996), o qué diferencias caracterizan a los novatos y expertos “resolvedores” de problemas (Zajchowski y Martín, 1996). Por último, hay también contribuciones como resultado de la aplicación de las concepciones sobre de qué forma se produce la adquisición de los contenidos académicos, entre los que obviamente están los procedimentales: el aprendizaje por descubrimiento (Aho et al., 1993; Barron, 1993; Lawson, 1994), el aprendizaje constructivista (Gil, 1993; Furió et al., 1994; Roth, 1994, Martínez y Varela, 1996), etc.

Existe un número importante de trabajos en todos y cada uno de los procedimientos y ámbitos. No obstante, a pesar de las singularidades de cada uno, es posible distinguir líneas y objetivos comunes de investigación:

- Reconocimiento del papel y aportación de estos contenidos al denominado concepto de evidencia o a la resolución de problemas.
- Identificación de dificultades y establecimiento de niveles y exigencias jerárquicas en cada uno.
- Justificación de la inclusión de los contenidos procedimentales en la enseñanza obligatoria.
- Búsqueda de situaciones de clase que favorecen la adquisición de estos procedimientos.

Y más concretamente, en el ámbito de la resolución de problemas:

- Comunicación entre alumnos para identificar y diseñar estrategias de resolución (Roth, 1994)
- Planteamiento y estrategia de resolución de problemas prácticos (Watson, 1994)
- Identificación, estrategias de resolución y partes de un problema (Lee y Fensham, 1996)
- La organización e interpretación de datos en la secuencia de resolución de problemas prácticos (Watson, 1994)
- Dificultades de la organización e interpretación de datos (Duggan et al., 1996)
- Representación gráfica: habilidad cognitiva o práctica (Roth y McGinn, 1997)
- Resolución de problemas en la didáctica de las Ciencias (Gil y Martínez-Torregrosa, 1984; Perales, 1993; Maloney, 1994).

En los cursos introductorios de diversas asignaturas a nivel universitario la resolución de problemas está considerada como una actividad necesaria de cara a la familiarización de los estudiantes con la metodología científica y el aprendizaje significativo de los contenidos. Resulta fundamental para ello identificar las principales características del conocimiento procedimental que deben tener los estudiantes universitarios para resolver problemas.

En este contexto se enmarca también el trabajo de investigación que se desarrolla en esta tesis, aplicado en nuestro caso al ámbito de la visualización de piezas.

#### 1.2.2.2. Aspectos del “conocimiento procedimental”.

Existe una cierta confusión con la terminología que desde cada perspectiva investigadora se utiliza para significar los procedimientos, por lo que de cara a este trabajo es conveniente centrar el enfoque terminológico que pretendemos utilizar. Señalar en primer lugar que no hay una única definición sobre contenidos procedimentales, y que la naturaleza del conocimiento procedimental ha dado lugar a serios debates, en los que se manifiestan profundas discrepancias entre los estudiosos. Son varios los conceptos interrelacionados que aparecen a la hora de hablar de contenidos procedimentales. A continuación se exponen algunos de ellos:

“Un *procedimiento* es un conjunto de acciones ordenadas orientadas a la consecución de una meta (...). En los contenidos procedimentales se indican contenidos que también caben bajo la denominación de destrezas, técnicas o estrategias (...). No debe confundirse un procedimiento con una metodología. El procedimiento es la destreza con la que queremos ayudar a que el alumno construya. Es, por tanto, un contenido escolar objeto de planificación e intervención educativa” (MEC, 1989).

“Denominamos *destreza* a la aptitud, pericia o habilidad para desempeñar una acción individual específica (comparar, clasificar, observar, informar...).”

“Denominamos *estrategia* a los procesos mentales complejos, que incluyen destrezas y conceptos, y cuya finalidad es dar solución a una situación problema” (Sevilla, 1994).

“El *conocimiento procedimental* se refiere a la habilidad de los alumnos para dar solución a problemas prácticos desde sus propios recursos de destrezas y conceptos sin recetas de un guión o del profesor. Requieren el conocimiento de destrezas y “conceptos de evidencias” (...). Este término se refiere a todos los conceptos asociados con la evidencia obtenida, incluyendo las relaciones entre las variables y la realidad que representan, la forma de recoger los datos, representarlos e interpretarlos y la noción de probarlo” (Duggan y Gott, 1995).

“Desde la perspectiva disciplinar, los *procedimientos*, en calidad de contenidos, conforman el corpus de todas las materias curriculares (...). Aprender un procedimiento es acceder a una concepción más compleja de la materia (...).” (Monereo, 1995).

Sin entrar en un contraste detenido entre estas declaraciones, hay que comentar algunas ideas que creemos interesantes para aclarar estos conceptos.

Una idea que se desprende de las definiciones es que no deben confundirse procedimientos con actividades de enseñanza. Los procedimientos son contenidos que pueden ser enseñados, como la corriente eléctrica o el mol, y para ello, tendremos que planificar y realizar intervenciones intencionadas que hagan factible su aprendizaje.

Tampoco se puede olvidar que la separación establecida con los contenidos conceptuales y procedimentales pretende facilitar estudios analíticos o reclamar la atención de los profesores y especialistas en aspectos del conocimiento que no siempre son tratados adecuadamente. Sin embargo, contenidos conceptuales y procedimentales forman un cuerpo cohesionado de conocimientos que, en conjunto, justifica el valor formativo de estas disciplinas y su inclusión en el currículo. Cuando enseñamos conceptos probablemente también estamos enseñando algunos procedimientos, y análogamente, no podríamos enseñar procedimientos sin tratar aspectos conceptuales ni sin hacer uso de ciertas formas de razonamiento; el problema reside más bien en determinar cuáles son esos conocimientos y cómo se enseñan y aprenden.

En este sentido, Schön (1992) defiende que el contenido y las habilidades se encuentran tan intrincadamente relacionados que el medio es interdependiente de los fines, y el conocimiento resulta inseparable de la acción. Nuestra destreza para controlar y orquestar las habilidades cognitivas no es una capacidad abstracta y libre de contexto que pueda ser fácilmente transferida a través de amplios dominios problemáticos diferentes, consiste más en una actividad cognitiva específicamente ligada al contexto (Greeno, 1988; Suchman, 1987).

En este estudio con el término "*conocimiento procedimental*" nos referiremos a la capacidad de los alumnos para dar solución a problemas de visualización desde sus propios recursos de destrezas y conceptos articulados en base a un razonamiento propio de la ciencia. Así, usaremos el término "*conocimiento procedimental*" para referirnos a las habilidades investigativas características de la ciencia integradas por unas destrezas, un conocimiento declarativo específico de la materia y una forma de razonar acorde con ella, es decir unas habilidades de razonamiento. En esta misma línea, Nigro (1995), señala que ante cualquier situación, el alumno, el profesor o el científico, necesita disponer de una serie de habilidades para poder manejarla. Como esas habilidades son activadas junto con un determinado conocimiento de los hechos, conceptos y principios que se refieren a la situación específica, a la asociación habilidad más contenido, se denomina *capacidad* (Bloom, 1956).

Análogamente, Nickles (1981) defiende que la adecuada resolución de un problema conlleva una demanda de tipo metodológico general y una demanda de conocimiento

programático específico. Estos dos aspectos de una correcta resolución, no sólo están presentes en ella, sino que conjuntamente definen en parte el problema y le aportan estructura.

Así pues, aunque en este estudio no entraremos a valorar cómo las formas de razonamiento afectan a las habilidades generales o viceversa, ni cómo el desarrollo de ambas inciden en el conocimiento conceptual, sí sostenemos la intercomplementariedad de estos tres aspectos y su carácter determinante en el proceder de los estudiantes para abordar problemas científicos. En la figura 1 se refleja esquemáticamente esta concepción del conocimiento procedimental.



**Figura 1.** Aspectos del conocimiento procedimental

Para que un contenido procedimental pueda ser considerado coherente con la epistemología científica, el conocimiento declarativo y las destrezas generales deberán ser articuladas por una forma de razonar propia de la Ciencia, y alejadas de las formas espontáneas de razonamiento que pueden suponer dificultades de tipo estratégico en resolución de problemas e importantes causas de fracaso (Izquierdo, 2000). La importancia de enseñar habilidades de razonamiento está siendo foco de mucha atención en todas las áreas del currículo (Furió et al. 2000, Salinas et al. 1996, Viento 1992, 1996, Anderson 1990); términos como habilidades de pensamiento, razonamiento científico, desarrollo cognitivo, pensamiento crítico y pensamiento lógico resultan muchas veces intercambiables en la literatura referente a distintas disciplinas, y es que estos términos contienen elementos comunes tales como la búsqueda de relaciones causa efecto, análisis crítico y reconocimiento de relaciones.

En el siguiente apartado se enumeran y clasifican diversas habilidades, tareas, pasos realizados a lo largo del proceso de resolución de un problema, que están consideradas como conocimientos procedimentales.

### 1.2.2.3 clasificación de contenidos procedimentales

Hay un enorme número de habilidades de investigación, de destrezas comunicativas, de estrategias cognitivas que posiblemente sean generadoras de una mayor cantidad de conocimientos y de aprendizajes. La necesidad de clarificar sus significados y características ha impulsado algunas clasificaciones: clasificación de Kirschener, Mester, Middelbeek y Hermans (1991), clasificación de Lawson (1994), clasificación de Tamir y García (1992), etc.

A pesar de los distintos enfoques y grados de desarrollo en estas clasificaciones, se pueden percibir muchos contenidos semejantes: identificación de problemas, emisión de hipótesis, realización de predicciones, diseño experimental, observación, medición, organización de datos, análisis de datos, comunicación...

La utilidad de la realización de este tipo de clasificaciones está en que ayudan a clarificar ideas, o al menos al cuestionamiento de las propias, a reflexionar sobre la práctica educativa, pero sobre todo, tienen un carácter instrumental. Son una herramienta que facilita el análisis y la reflexión sobre qué contenidos estamos realmente enseñando con nuestras propuestas didácticas o actividades de enseñanza, y cómo podríamos introducir otros o rentabilizar más los que habitualmente hacemos (Pro, 1995). Así, un cambio de planteamiento puede mantener los mismos contenidos conceptuales y modificar sustantivamente los procedimentales.

A título de ejemplo, se expone a continuación, una de las clasificaciones de contenidos procedimentales propuestas (De Pro, 1998), en la que aparecen contemplados prácticamente todos los contenidos procedimentales identificados por los investigadores citados anteriormente (Kirschener, Mester, Middelbeek y Hermans (1991); Lawson (1994); Tamir y García (1992); etc.):

## **A. Habilidades de investigación.**

### A.1. Identificación de problemas.

- Conocimiento del motivo del problema.
- Identificación de variables, obtención de datos, contexto...
- Identificación de partes del problema.
- Planteamiento de cuestiones.

### A.2. Predicciones e hipótesis:

- Establecimiento de conjeturas contrastables.
- Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados...
- Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.

### A.3. Relaciones entre variables.

- Identificación de variables (dependiente, independiente,...).
- Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.
- Establecimiento de procesos de control y exclusión de variables.

### A.4. Diseños experimentales.

- Selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación.
- Establecimiento de una estrategia de resolución de un problema.

### A.5. Observación.

- Descripción de observaciones y situaciones.
- Representación esquemática de una observación, hecho...
- Identificación de propiedades, características,...
- Registro cualitativo de datos.

### A.6. Medición.

- Registro cuantitativo de datos.
- Selección de instrumentos de medida adecuados.
- Estimación de medidas sin “medir”.
- Estimación de la precisión de un instrumento.

A.7. Clasificación y seriación.

- Utilización de criterios de clasificación.
- Diseño y aplicación de claves de categorización propias.
- Realización de series a partir de características o propiedades.

A.8. Técnicas de investigación.

- Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio.
- Utilización de estrategias básicas para resolución de problemas.

A.9. Transformación e interpretación de datos.

- Organización de datos (cuadros, tablas,...).
- Representación de datos (gráficas), extrapolación de datos.
- Interpretación de observaciones, datos, medidas...

A.10. Análisis de datos.

- Formulación de tendencias o relaciones cualitativas.
- Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos.
- Identificación de posibles fuentes de error.

A.11. Utilización de modelos.

- Uso de modelos analógicos o a escala.
- Uso de fórmulas químicas, de modelos matemáticos y teóricos.

A.12. Elaboración de conclusiones.

- Inferencias inmediatas a partir de los datos o del proceso.
- Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.
- Juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención.

**B. Destrezas manuales.**

B.1. Manejo de material y realización de montajes.

- Manipulación del material, respetando normas de seguridad.
- Manipulación correcta de los aparatos de medida.
- Realización de montajes previamente especificados.

B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...

### **C. Comunicación.**

C.1. Análisis de material escrito y audiovisual.

- Identificación y reconocimiento de ideas.
- Inferencia próxima a partir de la información.
- Establecimiento de implicaciones y consecuencias.

C.2. Utilización de diversas fuentes.

- Búsqueda de datos e información en diversas fuentes.
- Identificación de ideas comunes, diferentes, complementarias...

C.3. Elaboración de materiales.

- Informe descripción sobre experiencias y procesos vividos.
- Informe estructurado a partir de un guión de preguntas.
- Informe abierto y ensayo.

Como se habrá podido comprobar esta clasificación abarca prácticamente todo el abanico de tareas y aplicaciones que pueden realizarse en cualquier disciplina y asignatura. En nuestro caso, los contenidos procedimentales clasificados en las destrezas manuales (B) y en comunicación (C), no aparecen en la resolución de los problemas de visualización. Tampoco recurrimos a instrumentos de medida, al uso de modelos analógicos o matemáticos, etc.

De estos contenidos procedimentales generales válidos para cualquier disciplina, se han extraído aquellos que observamos que aparecen en la resolución de problemas de visualización tras analizar la forma de resolver dichos problemas por parte de expertos y novatos, y tras una revisión bibliográfica tratando de encontrar referencias en el mismo sentido.

Concretamente, tras la realización de las entrevistas a varios expertos del área, y la revisión bibliográfica, los contenidos procedimentales identificados de entre los propuestos por De Pro (1998) son:

- interpretar y procesar datos.
- identificar variables, propiedades, características.
- utilización de criterios de clasificación.
- emitir hipótesis a partir de un marco teórico.
- establecimiento de una estrategia de control y exclusión de variables.
- establecimiento y planificación de una estrategia de resolución de un problema.
- descomponer en problemas pequeños.
- aplicar principios conocidos.
- juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención.

Estos contenidos procedimentales aparecen en diversos momentos del proceso de resolución de los problemas de visualización. Para poder realizar un análisis meticuloso de las entrevistas realizadas, y poder comparar las diferencias que se observan entre novatos y expertos, resulta necesario concretar un protocolo de corrección semiestructurado que incluya esos contenidos procedimentales en base a un modelo de resolución determinado.

En la revisión bibliográfica de los libros dedicados al dibujo técnico no se ha encontrado un modelo claramente estructurado y desarrollado para la resolución de los problemas de visualización de piezas que incluya además contenidos procedimentales. Esto nos ha llevado a considerar otros modelos utilizados en otras disciplinas que integran las aportaciones más relevantes de la investigación didáctica, de manera que pudieran servirnos de referencia para desarrollar el nuestro. En el siguiente apartado se expone la estructuración propuesta para la resolución de problemas en la enseñanza de ciencias, modelo que ha conseguido obtener importantes mejoras en el aprendizaje comprensivo por parte de los estudiantes en la resolución de problemas. Este es el modelo base que se ha seguido como referencia para el análisis de las entrevistas realizadas, y para el desarrollo del modelo alternativo propuesto para la resolución de problemas de visualización.

#### 1.2.2.4.-Modelo de resolución de problemas.

La resolución de un problema se desarrolla básicamente de la siguiente manera: análisis cualitativo, emisión de hipótesis, elaboración de estrategias, la resolución propiamente dicha y el análisis de resultados. Estas fases o pasos en los que se puede dividir el proceso de resolución de un problema, constituyen por sí mismos procedimientos, que a su vez incluyen otros procedimientos que pueden utilizarse en cada una de dichas fases.

##### **A-Análisis cualitativo.**

En las investigaciones comparativas entre expertos y novatos se percibe con claridad que los expertos realizan un *análisis cualitativo* del enunciado anterior a cualquier trabajo. Sin embargo, el novato inicia inmediatamente la acción, en general mediante el uso operativo de ecuaciones (Larkin, 1983).

Prácticamente la totalidad de autores se muestran de acuerdo en que, con anterioridad a cualquier cálculo, es necesario realizar un planteamiento cualitativo de la situación. Ello lleva implícito la necesidad de una *lectura razonada* del problema, *interpretación y análisis cuidadoso de los datos y de las incógnitas, identificación y análisis de variables, simplificación del problema* para poder abordarlo, etc.

Realizar *descripciones verbales o gráficas* de la situación es otro factor importante que se considera para tomar las decisiones cruciales que la resolución de un problema exige al comienzo.

##### **B-Emisión de hipótesis.**

A partir del análisis cualitativo se emiten hipótesis que van a permitir focalizar y orientar la resolución, indicando los parámetros y variables a tener en cuenta. Gracias al *análisis cualitativo*, a la *emisión de hipótesis*, y al *cuerpo de conocimientos* en el que se enmarca el problema planteado, se podrán elaborar *tentativas de resolución* de la situación planteada.

### **C-Estrategias de resolución.**

Consiste en la *búsqueda de caminos de resolución*, la *categorización de tareas*, *recomendaciones a seguir*, *descomposición del problema en subproblemas*, *identificar las leyes y principios fundamentales a utilizar en la resolución*, etc. Implica *elaborar, explicitar y valorar posibles estrategias de resolución* (en plural) antes de proceder a desarrollar una de ellas, evitando el puro ensayo y error, o el recurso al operativismo del problema “tipo”.

### **D.-Resolución.**

Se trata de resolver literalmente hasta el final, *aplicando principios conocidos y representando* en nuestro caso *gráficamente* el resultado en perspectiva.

### **E-Análisis de resultados.**

Como forma de *confirmar, contrastar y validar las hipótesis* emitidas anteriormente, *comprobando la coherencia de la respuesta*.

## 1.3.- MODELO DE RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN

Integrando el conocimiento declarativo conceptual y procedimental implicado en la visualización de piezas, según una forma de razonamiento propia de la disciplina para la resolución de este tipo de problemas, se propone un modelo de resolución que ha sido obtenido a partir de la revisión bibliográfica, de las aportaciones de la investigación didáctica, del análisis y comparación de la resolución de problemas por parte de expertos y novatos (profesores y alumnos), y del consenso y aportaciones posteriores de varios expertos.

Este modelo ha de considerarse como una **guía** a seguir, no como una **algoritmización** del proceso de resolución de los problemas de visualización. Es decir, no pretendemos que el alumno siga el modelo de resolución de manera mecánica, como si de un problema “tipo” se tratara y en el que todas las posibilidades estuvieran contempladas y

para las cuales se dispusiera de un camino de resolución único. Si así fuera, la visualización dejaría de convertirse en un problema, para pasar a ser un ejercicio “tipo” relativamente fácil de resolver. En lugar de ello, se ha elaborado una relación de pasos generales recomendados, distintos recursos, criterios y estrategias de resolución que habrán de ser valorados en cada caso y utilizados en función del enunciado de la pieza a visualizar. Así mismo, se muestran ejemplos ilustrativos extraídos de la revisión bibliográfica y de las transcripciones de las entrevistas realizadas a los expertos en la resolución de varios problemas de visualización.

### **A.-ANALISIS CUALITATIVO.**

El objetivo del análisis cualitativo del enunciado es realizar un reconocimiento general de las vistas del enunciado tratando de encontrar alguna información significativa sobre la pieza que pueda servir de pista en la resolución del problema.

El análisis cualitativo de un problema lleva implícito la necesidad de una *lectura razonada* del problema, *interpretación y análisis cuidadoso de los datos y de las incógnitas*, *identificación y análisis de variables*, *simplificación del problema* para poder abordarlo, etc.

Se ha considerado conveniente estructurar el análisis cualitativo de los problemas de visualización teniendo en cuenta, por un lado, cuáles son las variables analizadas, y por otro, las estrategia de análisis que se puedan seguir.

Es recomendable que todo aquello que se va analizando vaya siendo anotado sobre el enunciado, recurriendo tanto a observaciones en modo texto, como a la rotulación de partes del enunciado o a la utilización de números, símbolos y abreviaturas.

**Transcripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de realización de un análisis cualitativo del enunciado previo a la resolución del problema:**

- **Experto:** *Bien, en primer lugar suelo realizar un estudio de la geometría general de la pieza, viendo si es poliédrica, tiene caras planas o*

*curvas,...cilindros, esferas...En este paso, la pieza parece estar limitada por caras planas.*

- **Entrevistador:** *¿Diríamos entonces que realizas un análisis cualitativo del enunciado antes de proceder a la resolución del problema?*
- **Experto:** *Sí, centrándome sobre todo en el análisis de la geometría de la pieza. Es importante tener primero una idea global de por dónde va la pieza, si tiene caras planas o curvas, está compuesta por cilindros, esferas, figuras geométricas conocidas,...*

### **A.1. Análisis de variables:**

Se consideran tres niveles de aproximación cualitativa en este reconocimiento, dependiendo del elemento o parámetro analizado:

#### **A.1.1.- Análisis del volumen :**

Se trata de determinar en una primera aproximación global el volumen ocupado por la pieza (A.1.1.1.), o tratar de descomponerla en formas primitivas geométricas en las que pueda estar compuesta (análisis de sólidos, A.1.1.2.).

##### **A.1.1.1.- Volumen total ocupado.**

Este paso sirve para hacer una primera “aproximación volumétrica” de la pieza, determinando sus dimensiones totales, y definiendo aproximadamente su forma global exterior, aunque luego habrá que determinar claramente sus elementos interiores. No se obtiene la solución, pero esa información puede ayudar en la resolución del ejercicio al tener desde un comienzo una idea aproximada de la forma exterior final de la pieza que vamos a obtener.

*“7.23. Cálculo del volumen como una ayuda para la lectura. Para calcular el volumen de un objeto, es obligado descomponerlo en sus elementos geométricos simples, y analizar luego cuidadosamente la forma de cada elemento antes de comenzar a calcular. En consecuencia, el cálculo del volumen es primordialmente un ejercicio de lectura de un dibujo.”(French, 1954)*

Podríamos establecer dos formas de respuesta en este paso:

- Trazado o visualización mental del prisma envolvente (cajón capaz continente):

Se traza o define mentalmente el prisma que coincide con las dimensiones totales de la pieza, y que contendría en su interior la pieza que tratamos de definir y que posteriormente se tratará de concretar y dibujar.

El trazado del prisma envolvente es especialmente útil cuando la pieza es de forma prismática, y se puede prescindir de él, en el caso de que no lo sea.

- Relación volumétrica o de forma con objetos conocidos:

Consiste en tratar de relacionar la pieza con algún objeto conocido que se asemeje en su volumen o forma al del enunciado. Esta aproximación delimita más la forma exterior de la pieza que la categoría anterior, ya que el objeto conocido con el que se relaciona la pieza es generalmente más detallado, en volumen y forma, que el prisma envolvente. No es muy frecuente encontrar dicha relación directa.

**Transcripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de trazado o visualización del prisma envolvente:**

- **Experto:** *Yo suelo coger en primer lugar la vista alzado, y suelo identificar el contorno exterior de la pieza. Luego sigo con el de perfil, y con la planta. Luego trato de encontrar una forma, cómo diría..., una forma que determino sólo con el contorno exterior,... caja de abarque o...*
- **Entrevistador:** *¿Prisma envolvente, tal vez?*
- **Experto:** *Prisma envolvente. Vale. Y luego intentaría dibujar ese prisma.*
- **Entrevistador:** *¿Para qué dibujas el prisma?*
- **Experto:** *Bueno, ese prisma me sirve para ver más o menos el volumen de la pieza, y en parte también la forma exterior. Y a la hora de dibujar, para tener un punto de partida, para situar luego ahí los detalles de la pieza, a modo de estructura de referencia. Así el alumno tiene ya algo que le puede ayudar a situar los planos de la pieza.*

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de relación volumétrica o de forma con objetos conocidos:**

- **Experto:** *Esta pieza es de esas que son como si fueran diamantes, o brillantes, o algo así, con tantos planos inclinados. Esto es como un poliedro, con un montón de caras inclinadas.*

**A.1.1.2.-Análisis de sólidos.**

En algunos casos se puede considerar que la pieza está compuesta por volúmenes o partes con formas geométricas elementales diferenciadas, que pueden ser tratadas y analizadas cada una de ellas independientemente. De esta manera podríamos optar por dividir el problema en subproblemas.

En algunos textos bibliográficos se alude en este sentido al “análisis de sólidos”, es decir, a dividir el objeto en sus formas geométricas primitivas.

*“Una técnica común para analizar dibujos de vistas múltiples es el análisis por sólidos, en el que el objeto se descompone en primitivos geométricos, tales como cilindros, cilindros negativos (agujeros), prismas cuadrados y rectangulares, conos, esferas, etc. No puede menospreciarse su importancia en la comprensión y visualización de dibujos de vistas múltiples.” (Bertoline, 1997)*

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de análisis de sólidos:**

- **Experto:** *Yo me fijo de momento..., te he comentado que a veces hay como formas que ya están como precreadas, que ya has visto tantas veces, pues que, vamos, que las conoces. Por ejemplo, la “tonttorra” de aquí arriba, ¿no?, la cúspide ésta. Yo me fijo que la base es un rectángulo en la proyección horizontal, en la vertical es este triángulo isósceles rectángulo, y luego, ya en la tercera vista, se ve claramente que esto es un, como si dijéramos, un cubo, bueno, un cubo, un prisma seccionado por un plano que en este caso es*

*proyectante. Esta forma se repite muchas veces. Son como formas prefabricadas.*

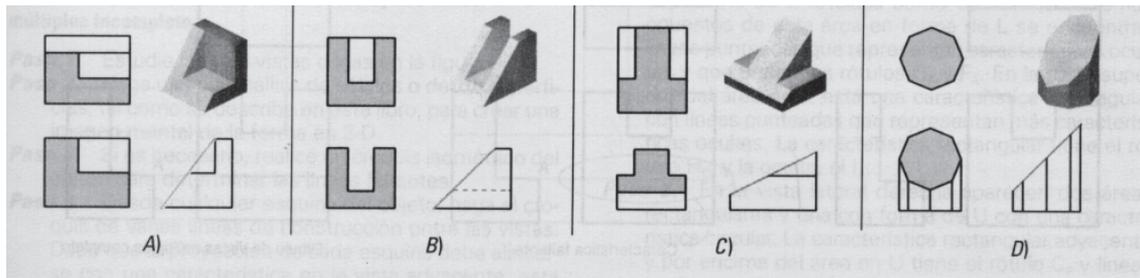
### **A.1.2.- Análisis de las superficies.**

Se analizan las *proyecciones de las superficies* (sean áreas definidas por un contorno de aristas, o una única línea en el caso de planos proyectantes), prestando atención a variables como la *forma*, *configuración de las aristas (paralelismos)*, *visibilidad*, etc. El análisis de estas variables servirá para identificar los *tipos de plano* presentes en la pieza (paralelos, perpendiculares, u oblicuos a los planos de proyección), y su posición.

La **forma** de los planos presenta cierta similitud de una proyección a otra, a menos que la proyección sea una línea correspondiente a un plano proyectante. Es decir, se produce una pequeña “distorsión” de la forma de una vista a otra, pero básicamente mantiene sus características, y en particular, si se trata de un plano con líneas paralelas en el espacio, las proyecciones de dichas líneas siguen siendo paralelas. En este paso podríamos por tanto centrar también la atención en el **paralelismo** de líneas en las proyecciones, además de la forma de la superficie.

*“Formas semejantes de las superficies. Si se ve una superficie desde varias posiciones diferentes, en cada caso se verá que tiene cierto número de lados y cierta forma característica. Una superficie de forma L, aparecerá como una figura en forma de L en toda vista en que no aparezca como una recta. Una superficie de forma de T, una superficie de forma de U, o una superficie hexagonal, tendrá en cada caso el mismo número de lados y la misma forma característica en toda vista en la que aparezca como una superficie. Esta repetición de formas es uno de los mejores medios para analizar las vistas. “ (Giesecke, 1974)*

En cuanto al **contorno** de un plano, el **número de lados** del contorno ayuda a encontrar las proyecciones correspondientes a un plano en las otras vistas, ya que una de las condiciones de correspondencia, consecuencia de los invariantes proyectivos, es que un plano con un determinado número de lados de su contorno, mantiene ese número de lados en todas sus proyecciones, excepto en el caso de planos que sean perpendiculares a algún plano de proyección, en cuyo caso la proyección será una recta.



(Nota: La figura ilustrativa está representada en sistema americano)

“Hay una técnica de visualización que implica la identificación de aquellas vistas en las que la superficie tiene una configuración y número de lados similares. La forma o configuración similar es útil en la visualización o creación de dibujos de vistas múltiples de objetos que tienen superficies oblicuas o inclinadas. Por ejemplo, si una superficie inclinada tiene cuatro aristas con los lados opuestos paralelos, entonces la superficie aparecerá con cuatro lados con las aristas opuestas paralelas en cualquier vista, a menos que la superficie se vea como una arista.” (Bertoline, 1997).

Al analizar el contorno de las superficies, es también necesario determinar si existen **superficies circulares o planas**.

El tamaño de las superficies es otra variable que puede tenerse en cuenta, ya que en el caso de planos de áreas grandes, esta característica puede ayudar a encontrar su proyección correspondiente en las otras vistas, al mantenerse constante alguna de sus dimensiones (altura, anchura, o profundidad). En consecuencia, la correspondencia se encontrará más fácilmente si el plano (y sus proyecciones) destaca en tamaño respecto a las demás.

La existencia de **líneas inclinadas o en pendiente**, sirve para plantearse a título de hipótesis que de los posibles tipos de planos que pueden componer la pieza, la línea en pendiente sea la proyección de un **plano perpendicular** a la vista en la que se encuentra, o un **plano oblicuo**, o una intersección entre dos de estos planos.

Las *líneas ocultas* indican que los planos que las contienen están detrás de otros, es decir, dan una información acerca de la posición y visibilidad de esos planos respecto al observador en la dirección de proyección.

Entre los alumnos y algún experto se ha observado que recurren a una técnica basada en el *recuento de superficies* en cada vista. Este análisis sirve para plantear que en la vista donde el recuento es menor se encuentra la proyección de un plano perpendicular al plano de proyección (o plano proyectante), representada por una línea en esa vista y no por un área, razón por la cual es plano no ha sido tomado en cuenta en el recuento de superficies. Otra posibilidad que explique la diferencia en el recuento es que en esa vista un plano tenga el mismo contorno que otro situado delante de él, y que por lo tanto, quede oculto y no se tenga en cuenta en el recuento en un primer análisis. Son por tanto dos, las posibilidades que explican la diferencia en el recuento de superficies: la existencia de *planos proyectantes* o la presencia de *planos ocultos*.

**Transcripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de recuento de superficies:**

- **Experto:** *Bien, si cuento el número de caras que hay en cada vista, por de pronto, veo que hay, 1,2,3..6 caras como mínimo, en la planta. ¿Y en el alzado qué pasa? Tiene menos, así que van a coincidir unos con otros, o algo así. Aquí se pueden ver 1,2,3 y 4, como mínimo. Aunque en el alzado tienen que ser más, porque si en la planta hay seis planos, en el alzado también tiene que haber seis.*

*...(va analizando y correspondiendo proyecciones de planos entre vistas)...*

*Pues ya tenemos todos los planos. 6 hemos dicho, ¿no? Hay dos proyectantes, porque su proyección vertical es una línea, y todos las demás son oblicuos. Y por eso en el alzado he empezado diciendo que como mínimo había cuatro planos, pero claro, no, hay seis, porque al haber dos de ellos proyectantes, pues claro, desaparecen dos vértices y se ven como líneas, y no como caras.*

### **A.1.3.- Análisis de vértices.**

Se presta atención a la existencia de vértices salientes, y vértices definidos unívocamente que pudieran servir de referencia en la resolución del problema. Con

frecuencia es útil la rotulación de los mismos en las diferentes vistas del enunciado, o la unión de esos puntos entre las proyecciones de cada vista mediante el trazado de líneas auxiliares.

Los vértices que sobresalen indican que hay varios **planos oblicuos** que convergen en ellos. Por otro lado, la correcta traslación de esos puntos a la perspectiva es fundamental para el trazado de esos planos. Dibujado el punto en la perspectiva, el trazado de los planos convergentes resulta relativamente sencillo.

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de análisis de vértices:**

- **Experto:** *Veo que al tener tantas caras oblicuas, me va a resultar más fácil, digamos, que partir del cubo y empezar a tratar de situar, en este caso, posiblemente, situar puntos en el espacio. O sea, yo sí que veo muy claro aquí, que hay muchas caras oblicuas. Entonces, eso hace que sea más difícil de definir en tres dimensiones si no tengo todos los puntos definidos. En este caso, creo que lo principal va a ser definir puntos, y veo claramente en esta vista en planta, que tengo dos puntos en los que se van uniendo todas las caras oblicuas. Entonces, voy a intentar definir esos puntos, con la vista en el alzado, claro. En este caso, posiblemente esa definición me va a ayudar a que la definición de toda la pieza sea relativamente sencilla, porque, desde este punto parten, 1,2,3 y 4 caras, que a su vez, tienen que ser, 1,2 y 3, las que están ahí atrás, y la cuarta ya veremos cual es.*

*Las oblicuas lo que tienen es ese tipo de ayuda, que una vez definido un punto, tienes la posibilidad de definir los planos a través de las aristas, viendo a qué puntos están unidas...Entonces, aquí el problema era éste, que... bueno, al revés, la ventaja eran estos dos vértices salientes, ya que al ser todos los planos oblicuos, los dos vértices están muy claros en el espacio, y al estar muy claros, se definen fácil los planos oblicuos.*

## **A.2.-Estrategias de análisis de la información.**

Se exponen a continuación diversas estrategias de análisis a las que se puede recurrir, que han sido observadas y utilizadas por varios expertos y novatos en la resolución de tres problemas de visualización (apartado 3.5), y que pueden servir de ayuda de cara a conseguir llevar a cabo un análisis óptimo de la información disponible en los enunciados de visualización. En la revisión bibliográfica de libros de Dibujo Técnico, no se abordan los distintos aspectos que aquí se mencionan. Sin embargo, se observa que los expertos, y en menor medida los alumnos, siguen una serie de estrategias de análisis que han ido elaborando tras adquirir experiencia en la visualización de piezas.

### A.2.1.- DISGREGACIÓN.

Al realizar el análisis cualitativo de una pieza, con frecuencia es posible disgregarla en volúmenes o partes diferenciadas, de manera que cada una de ellas pueda ser analizada independientemente. Haciendo una analogía con la resolución de problemas en otras asignaturas, este hecho constituye una *estrategia de división del problema en subproblemas*, es decir, se divide el todo en partes elementales que puedan ser analizadas y resueltas independientemente.

### A.2.2.- ORDEN DE ANÁLISIS DE LAS VISTAS.

Teniendo en cuenta que la normalización en el dibujo técnico habla del alzado como vista principal, en el sentido de que al realizar la representación de un objeto se debe elegir como alzado el punto de vista que más información ofrezca sobre las características de la pieza, ésta es la vista en la que se debería centrar inicialmente la atención para un primer análisis del enunciado.

En cuanto al perfil, éste constituye un punto de vista en el que se ve la altura y anchura de la pieza, es decir, es un punto de vista al que estamos habituados en la vida real; normalmente, situamos y vemos los objetos en el suelo y percibimos sobre todo sus dimensiones de altura y anchura, y en menor medida su profundidad.

*“La realidad que determina nuestro sistema de control y de percepción de los objetos, entornos y espacios, es el referente horizontal-vertical. Nuestro discurrir se manifiesta fundamentalmente en esas dos posiciones extremas como posiciones de equilibrio o de reposo.” (Ochoa de Eribe, 2001)*

La representación de los objetos “desde arriba”, como sucede en planos topográficos o planos de construcciones parece dar más problemas de interpretación a la mayoría de los alumnos, como se ha constatado en el análisis de deficiencias y dificultades de los estudiantes realizado en el apartado 4.2.

Así que, en principio, el orden general de análisis recomendado sería Alzado, Perfil, y Planta, caso de tratarse de una representación con las tres vistas, y caso de disponer de dos, empezar siempre por el alzado.

De todas maneras, es posible que para determinadas características de una pieza pueda resultar más conveniente seguir otro orden de análisis al recomendado. Así que, en cualquier caso, sería conveniente realizar una primera **valoración** de cual de las vistas del enunciado da más información sobre la pieza y elegirla en consecuencia como la siguiente en la secuencia de análisis, comenzando en principio con el alzado.

La elección del orden de análisis no es un paso crítico en la resolución del problema. Si no se presentan deficiencias o falta de dominio en la interpretación de alguna vista, no resulta crucial el orden de análisis seguido. Tras hacer un reconocimiento de la pieza, puede valorarse por dónde se empieza, y si se encuentra alguna característica especial en alguna vista, como por ejemplo, algún plano con un elevado número de lados en el contorno, puede ser conveniente comenzar el análisis de esa característica en esa vista, sin tener que seguir siempre el orden general recomendado.

*“Al leer un dibujo, lo primero que debe adquirirse es una idea general de la forma del objeto, mediante una inspección rápida de todas las vistas dadas; luego se elige para un estudio más minucioso la vista que muestre mejor la forma característica de alguna porción y, refiriéndola a una y otra, y viceversa, de las vistas adyacentes, se ve lo que representa.” (French, 1954)*

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de orden de análisis de las vistas:**

- **Entrevistador:** *¿Qué secuencia de análisis sigues al pasar de una vista a otra? ¿siempre sigues el orden alzado, perfil, planta.? ¿O cambias el orden?*
- **Experto:** *Yo creo que siempre lo hago así. En principio, al sacar las vistas, la del alzado debería ser la que da más información. Se supone que está ahí, en esa vista, así que debería empezar por ahí.*
- **Entrevistador:** *¿Y luego por qué el perfil, y no la planta, por ejemplo?*
- **Experto:** *Pues no sé. Así se me han ido los ojos. En este caso tal vez, la cuña sólo aparece en el alzado y perfil, y por eso me he fijado en esas dos vistas primero. Se me ha hecho más fácil de entender así que este triángulo era una cuña.*
- **Entrevistador:** *¿Sabes seguro si siempre vas al perfil primero?*
- **Experto:** *El alzado primero, siempre, y luego, un vistazo rápido a uno y otro, y los ojos se quedan en uno u otro, dependiendo de en cual de ellas se ve más información.*

**A.2.3 - SECUENCIA DE ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE LA PIEZA.**

En el análisis de las entrevistas realizada a los estudiantes (apartado 4.2), la secuencia de análisis consiste en comenzar por aquella superficie que llama la atención del alumno o es “distinto” al resto de planos del enunciado, siendo en general un plano en pendiente, en la creencia de que esa distinción les pueda dar alguna pista y sea más fácil de interpretar y definir que el resto de planos. Si por el contrario, no hay en principio nada que destaque especialmente, la mayoría de los alumnos opta por el plano que se encuentra en el alzado a altura cero. Los siguientes planos de la secuencia de análisis son siempre contiguos a alguno anterior ya definido .

En principio un alumno que domine la visualización podría empezar por cualquier plano y ser capaz de resolver el ejercicio. De todas maneras, y aunque sea discutible la elección de uno u otro plano, podríamos dar unas recomendaciones generales que podrían facilitar el proceso de resolución, y que la mayoría de los expertos entrevistados

sigue en alguno de los problemas resueltos. Sería conveniente hacer la elección tras una valoración de las siguientes opciones:

- Normalmente habría de elegirse un plano que estuviera en el alzado, al ser ésta la vista que más información debería dar sobre la pieza.
- Podría ser conveniente empezar por un plano que esté situado a altura cero, para construir la pieza de abajo hacia arriba. Parece ser el orden de construcción al que estamos más habituados, y que normalmente se sigue a la hora de trazar la pieza en perspectiva.
- La elección del plano de mayor número de lados en su contorno puede ser considerada, ya que si lo identificamos correctamente, las rectas que lo forman quedan también definidas y puede ayudarnos a identificar más fácilmente todos sus planos contiguos, que tienen en común con este plano al menos una de las rectas. Es decir, con la identificación de un único plano, tenemos información parcial sobre otros muchos planos a través de las rectas que comparten. Normalmente, este plano tiene además un área mayor que el resto, y al definirla, una gran parte de la pieza queda ya parcialmente definida. Otro aspecto importante en el plano de mayor número de lados en su contorno es que si ese número no se da también en otra vista, ese plano es proyectante con respecto a ese plano de proyección, ya que se verá como una arista. La detección de los planos de un número de lados en el contorno que no se repite en otra vista es una manera rápida de encontrar planos proyectantes existentes en la pieza (paralelos a los planos de proyección o perpendiculares a los mismos).
- Otra posibilidad es intentar seguir una secuencia gradual de dificultad en cuanto al tipo de plano. En ese sentido, se trataría de encontrar y definir en primer lugar los planos paralelos a los planos de proyección, y a continuación, los perpendiculares a un plano de proyección, y por último, los oblicuos. Desde el punto de vista del trazado, ese podría ser también un orden lógico de trazado de dificultad creciente.

La elección de alguna de estas opciones se haría teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el análisis cualitativo. Por ejemplo, si hemos destacado un plano en cada

vista porque tienen un mayor número de lados en el contorno que el resto, teniendo en cuenta que probablemente son planos paralelos a cada plano de proyección (y los más fáciles de visualizar y trazar en perspectiva), se podría comenzar por determinarlos en primer lugar, y seguir a continuación con los planos contiguos.

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de secuencia de análisis de los elementos de las vistas (elección de plano de mayor número de lados):**

- **Entrevistador:** *Has empezado a analizar en primer lugar este plano que está situado en la planta, aunque antes has comentado que normalmente deberías comenzar por un plano que estuviera en el alzado, al ser ésta la vista principal. ¿Hay alguna razón por la que has comenzado por ese plano en concreto?*
- **Experto:** *¿Por qué he comenzado por esa proyección? Porque es la que tiene el mayor número de lados en el contorno, y como no la encuentro en el alzado, tiene que estar proyectante al mismo. Así que luego lo ratifico en el perfil, y compruebo que efectivamente es un plano paralelo horizontal, y por tanto, proyectante al alzado y perfil. Lo de que el alzado es la vista principal es cierto, y por tanto puede que haya en el mismo alguna información importante por la cual haya sido elegida como principal, pero puede haber características y proyecciones especiales en las otras vistas por las cuales sea conveniente empezar por ahí. No necesariamente por el alzado, aunque en general, tal vez, sí que sería recomendable considerarlo. No siempre es lineal, debería ser el alzado, pero a veces se ve mejor qué tipo de plano corresponde a una proyección en otra vista. Depende.*

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de secuencia de análisis de los elementos de las vistas (secuencia de dificultad gradual en el tipo de plano):**

- **Experto:** *Voy a tratar de identificar ahora las caras interiores que voy a llevar a la perspectiva. Primero trato de encontrar las caras que pueden ser horizontales.*

- **Entrevistador:** *De todas las caras presentes, tratas de encontrar las horizontales.*
- **Experto:** *Bueno, horizontales, quiero decir, horizontales, o frontales, o de perfil.*
- **Entrevistador:** *Entonces, las que son paralelas a los planos de proyección.*
- **Experto:** *Sí, eso es.*
- **Entrevistador:** *¿Por qué empiezas siempre tratando de identificar los planos paralelos a los de proyección, y no por ejemplo, los oblicuos?*
- **Experto:** *Porque son más fáciles, creo yo, de entender, y de dibujar. Además puedes colocarlas directamente en el prisma de referencia. Más que nada, más que buscar horizontales o verticales, diría que trato de encontrar los planos que estén sobre las caras del prisma, las líneas que estén sobre las caras de este prisma inicial.*
- **Entrevistador:** *¿Y después de los paralelos a los planos de proyección?*
- **Experto:** *Si hay caras oblicuas, las oblicuas, pero siempre después de las paralelas. Yo a las oblicuas siempre las miraré las últimas, siempre las dejo para el final. Siempre intento definir las caras paralelas, porque creo que son fáciles de definir, y después intento deducir las caras oblicuas. Y en ese caso, a veces ni siquiera uso los puntos de referencia del plano oblicuo. Las propias caras paralelas me definen los puntos del contorno del plano oblicuo.*
- **Entrevistador:** *Entonces, para ti, hay unos planos que son más fáciles que otros. Los planos que son paralelos a los planos de proyección son más fáciles de definir.*
- **Experto:** *Siempre son los más fáciles de definir.*
- **Entrevistador:** *¿Y los siguientes cuáles son?*
- **Experto:** *Diría que después de las caras planas pondría todo lo que sea cilíndrico, y después irían las caras inclinadas, es decir, las proyectantes, y luego las oblicuas. Las oblicuas siempre sería lo último.*
- **Entrevistador:** *¿Podríamos decir que siempre haces una valoración de la secuencia de análisis a seguir?*
- **Experto:** *Sí.*

#### A.2.4.- NIVEL DE ANÁLISIS O TIPO DE ELEMENTO ANALIZADO (plano, recta o punto).

En principio, por el volumen de información que gestiona cada uno de los elementos sería conveniente comenzar por el análisis de superficies o planos, siguiendo con rectas, y terminando con puntos. Resulta más fácil visualizar en un solo paso una superficie en el espacio planteando qué tipo de plano puede ser y su orientación, que ir construyendo la pieza recta a recta, o punto a punto.

Como norma general deberíamos comenzar por tanto con el análisis de planos, aunque dependiendo de las características de la pieza puede ser conveniente recurrir en algún momento a identificar alguna recta en concreto (en el caso de *líneas inclinadas* por ejemplo), o a nivel de puntos (en caso de *vértices salientes*, y *planos oblicuos*) para su correcta ubicación en la perspectiva. Es decir, dependiendo de las características de la pieza puede ser conveniente centrarse en algún momento en un tipo de elemento u otro.

#### **Transcripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de nivel de análisis o tipo de elemento analizado (plano, recta o punto):**

- **Entrevistador:** *Has empezado definiendo el prisma continente, y luego has seguido rotulando vértices en el enunciado. ¿Siempre analizas así la pieza, primero globalmente, y luego a nivel de puntos?*
- **Experto:** *Bueno, dependiendo de cómo es el ejercicio, o cómo lo he preparado, dependiendo de qué quiero trabajar, a veces, lo que hago es plantear esto y decir, bueno, en esta figura, esto estará metido en una caja, y sería desde un principio, una caja, y a esa caja, le haremos unos cortes, y tras hacer esos cortes, saldrá esta pieza. Empezaremos por esa caja, y meteremos la pieza en esa caja. En esta pieza, a veces, analizo las características que tiene. Por ejemplo, en este caso, digo que vamos a trabajar algunos invariantes proyectivos, o, algunas características de la pieza. Este lado por ejemplo, es perpendicular. Este otro, también. Aquí hay un oblicuo... Eso lo que me permite es que los alumnos trabajen el ejercicio.*

- **Entrevistador:** *Entonces, diríamos que haces un primer análisis cualitativo analizando primero el volumen ocupado, con el prisma continente, y luego, los tipos de plano presentes.*
- **Experto:** *Sí, y luego, voy punto a punto, rotulando vértices. En clase lo explicaría punto a punto dependiendo de lo que quiera trabajar.*
- **Entrevistador:** *Entonces, lo que me has explicado es más bien cómo lo explicas a los alumnos, ¿no?*
- **Experto:** *Sí. Es que a mí, lo de numerar los vértices me gusta mucho, y a ellos también les ayuda mucho, para ir uniendo correctamente cada vértice, e ir deduciendo la pieza. Vaya por un camino o por otro, el resultado es el mismo, vaya por planos, por rectas, o por puntos. El mismo. Yo doy mucha importancia a los invariantes proyectivos. Y creo que teniendo claros los invariantes proyectivos, se puede hacer de cualquier manera, por cualquier sistema. El paralelismo, la perpendicularidad, subrayo mucho dónde se mantiene la perpendicularidad y dónde no...*

## **B.-EMISION DE HIPÓTESIS.**

A partir del análisis cualitativo se emiten hipótesis que van a permitir focalizar y orientar la resolución, indicando los parámetros y variables a tener en cuenta.

Como se ha comentado en los párrafos anteriores, la existencia de *líneas inclinadas o en pendiente* permiten plantear a título de hipótesis que de los posibles **tipos de planos** que pueden componer la pieza, la línea en pendiente sea la proyección de un plano perpendicular a la vista en la que se encuentra, es decir, un **plano proyectante**, o un **plano oblicuo**, o ambos casos al mismo tiempo.

El *recuento de planos* sirve para plantear la existencia **de planos proyectantes**, o la existencia de **planos ocultos** por otros que tengan el mismo contorno en aquellas vistas en el que el recuento es menor (ejemplo expuesto en el apartado A.1.2.). De todas maneras, en realidad este planteamiento no supone una novedad o una aportación realmente importante, ya que en la pieza es posible que haya planos proyectantes u

ocultos aunque no haya diferencia en el recuento de las vistas. Es más bien una forma de situar en qué vista es seguro que se dan esos casos.

Resumiendo, tanto en el caso de líneas inclinadas como en el recuento de planos en las vistas, esta información nos asegura la existencia de planos proyectantes, oblicuos, u ocultos en esas vistas. Pero no hay que descartar esa misma posibilidad en las vistas en las que no observemos esas características.

Posteriormente mediante el análisis de superficies recurriendo al método de correspondencia entre vistas se determinará cual de los posibles casos es el correcto.

La emisión de hipótesis se plantea por tanto en la visualización de piezas como un paso en la resolución del problema que permite asegurar la existencia en la pieza de ciertos tipos de plano, pero no permite determinar por sí mismo cuál de ellos es el correspondiente al enunciado que se está analizando.

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de emisión de hipótesis:**

- **Experto:** *Y después de dibujar el cubo que envuelve a la pieza, suelo fijarme a ver si hay líneas inclinadas, y suelo empezar analizando esas líneas.*
- **Entrevistador:** *¿Por qué te fijas en las líneas inclinadas?*
- **Experto:** *Porque si hay líneas inclinadas significa que hay planos inclinados, ya sean proyectantes u oblicuos. Hombre, también puede suceder que un plano sea proyectante y en el enunciado aparezcan sus dos proyecciones no proyectantes a la vista, y por tanto no vea la línea inclinada, pero vamos, si hay líneas inclinadas, en principio, ahí debería haber algún plano proyectante o un plano oblicuo. Me da una idea de por dónde va la pieza. Ya determinaré después cuál de los planos es el proyectante o el oblicuo.*

### **C.-ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN.**

Consiste en la *búsqueda de caminos de resolución*, la *categorización de tareas*, *recomendaciones a seguir*, *descomposición del problema en subproblemas*, *identificar*

*las leyes y principios fundamentales a utilizar en la resolución, etc. Implica elaborar, explicitar y valorar posibles estrategias de resolución* (en plural) antes de proceder a desarrollar una de ellas, evitando el puro ensayo y error, o el recurso al operativismo del problema “tipo”.

Gracias al *análisis cualitativo*, a la *emisión de hipótesis*, y al *cuerpo de conocimientos* en el que se enmarca el problema planteado, se podrán elaborar *tentativas de resolución* de la situación planteada, eligiendo de entre los métodos o estrategias de resolución existentes aquél que se considere más idóneo dadas las características del enunciado de la pieza que se está tratando de visualizar. Es decir, es posible en este momento realizar una planificación del proceso de resolución, eligiendo el método a seguir, o las estrategias de análisis y trazado.

Se muestran a continuación algunos métodos o estrategias de resolución recopilados del análisis bibliográfico y de las entrevistas realizadas a varios expertos, que pueden ser utilizados en función del tipo de pieza observado en el análisis cualitativo. Se añaden además valoraciones y recomendaciones sobre su uso.

De los cuatro métodos expuestos, el primero (modelado) trata la resolución del problema a nivel de **volumen**, el segundo (método de Eckhart) a nivel de **puntos**, y el tercero (método de ensayo y error de tipos de plano) y cuarto (método de correspondencia de proyecciones entre vistas) a nivel de **superficies**. Hay casos aislados de alumnos que intentan el análisis a nivel de **líneas** en todo momento (apartado 4.2), nivel de resolución que no utilizan los expertos ni aparece en la revisión bibliográfica. En principio, el método de correspondencia de proyecciones entre vistas es el único con el que es posible resolver cualquier problema de visualización sea cual sea el tipo de pieza que se presente. Es además el método al que recurren los expertos. En el ámbito docente, se recurre al resto de métodos únicamente en el caso de piezas sencillas, aunque en el caso de los alumnos se observa que aquellos que presentan problemas de visualización utilizan precisamente esos métodos, no recurriendo o utilizando incorrectamente el método de correspondencia de proyecciones entre vistas.

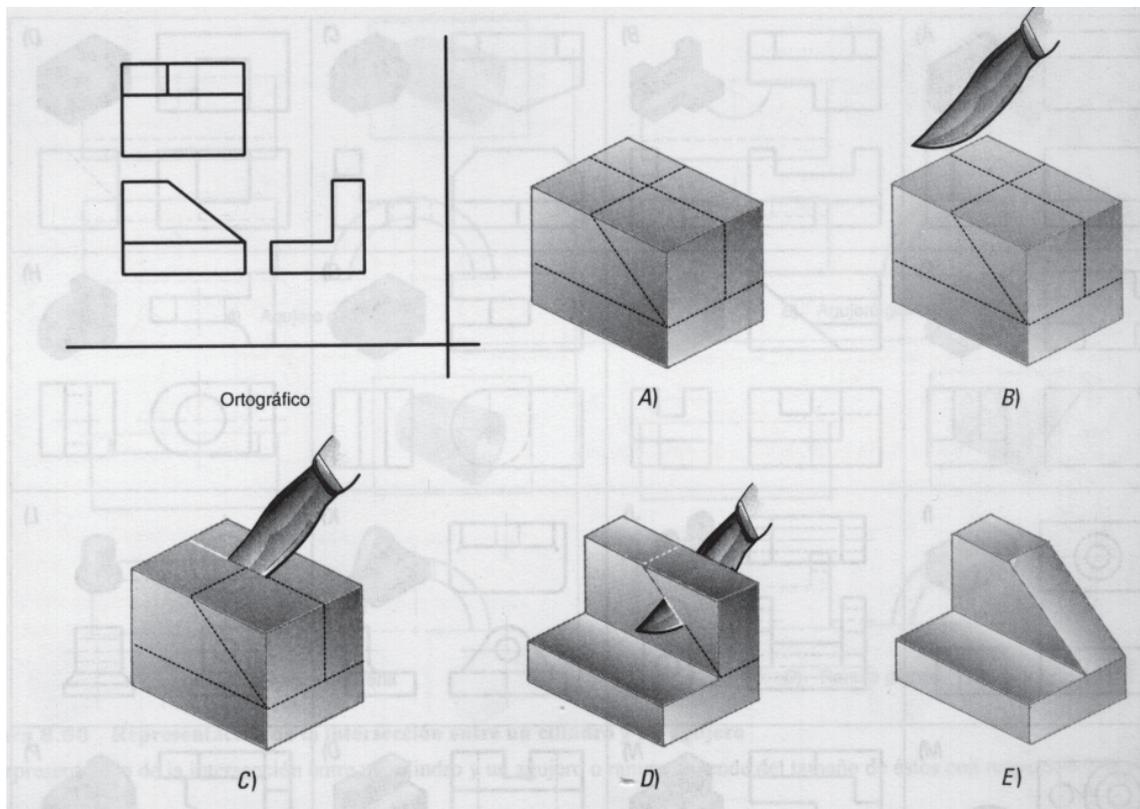
### C.1- Modelado: Método de eliminación de volúmenes y Composición de sólidos”.

Existen dos variantes en la determinación de la pieza desde una consideración volumétrica de la misma: el método de eliminación de volúmenes, y la composición de sólidos.

#### C.1.1.- Método de eliminación de volúmenes.

Consiste en definir la pieza a partir del prisma o paralelepípedo envolvente que limita su volumen exterior, eliminando de ese volumen total aquellas partes (volúmenes) que se vayan detectando, es decir, realizando un vaciado del prisma envolvente.

*“La creación de modelos físicos puede ser útil para aprender a visualizar objetos en dibujos de vistas múltiples. En general, estos modelos se crean con plastilina, cera o estireno, cortando la forma en 3D a partir de una forma rectangular”.*(Bertoline,1997)



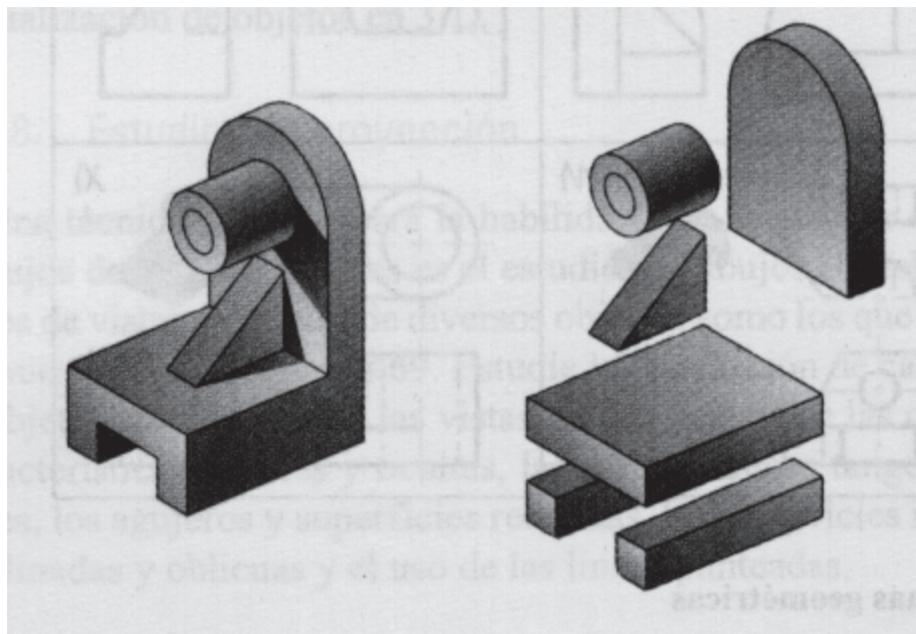
(Nota: La figura ilustrativa está representada en sistema americano)

La determinación de los volúmenes que se van eliminando supone la definición anterior de las superficies que delimitan dicho volumen, es decir, en primer lugar es necesario un análisis de superficies. Además, la creación de modelos físicos reales resulta inviable llegado a cierto nivel de dificultad en el tipo de pieza a visualizar, y necesitaría demasiado tiempo. En la revisión bibliográfica es común la alusión a este método para aprender a visualizar. Desde nuestro punto de vista, puede resultar interesante en un estadio muy inicial del proceso de aprendizaje en visualización como forma de relacionar la realidad con su representación en el plano y de permitir la interactividad con el modelo para que pueda ser observado desde cualquier punto de vista, pero no puede ser utilizado como método habitual de lectura de planos.

#### C.1.2.- Composición de sólidos.

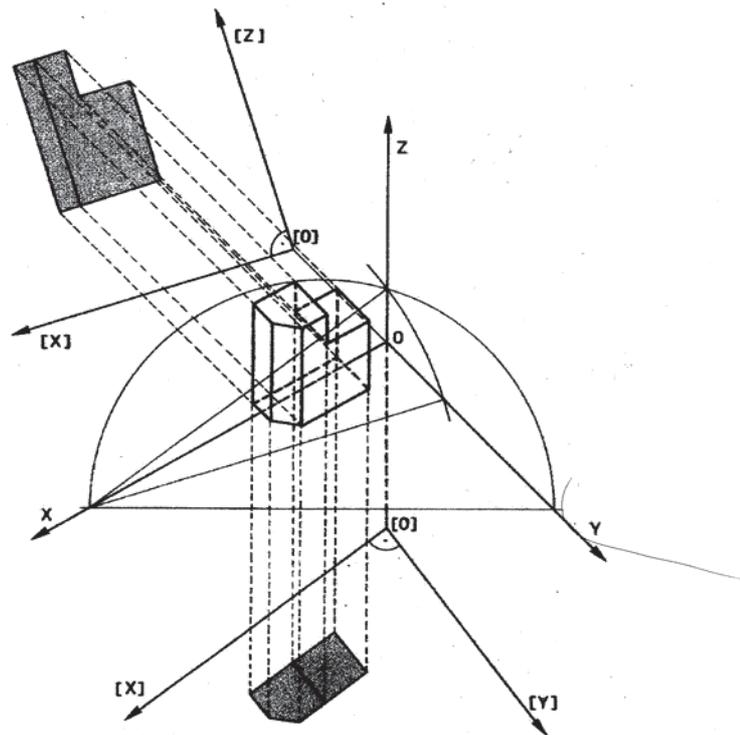
El análisis de sólidos permite dividir en algunos casos el objeto en sus formas geométricas primitivas para luego combinarlas. En los sistemas de CAD, es también frecuente la utilización de este método para modelar virtualmente la pieza en 3D. Sin embargo, no todas las piezas pueden ser consideradas de este modo.

Se puede recurrir a éste método de resolución especialmente en el caso de piezas en los que no haya superficies inclinadas u oblicuas, ya que normalmente están compuestas por formas geométricas primitivas simples.



*“Un objeto complejo puede visualizarse descomponiéndolo en formas geométricas más simples. La figura anterior conduce por sí misma al análisis de sólidos debido a que no hay en ella superficies inclinadas u oblicuas. Con las superficies inclinadas u oblicuas, el análisis de superficies tal vez sea mucho más útil.” (Bertoline, 1997)*

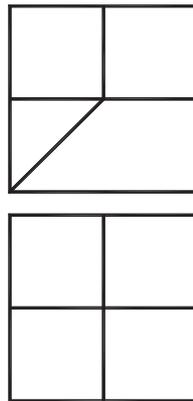
### C.2.- Método de Eckhart.



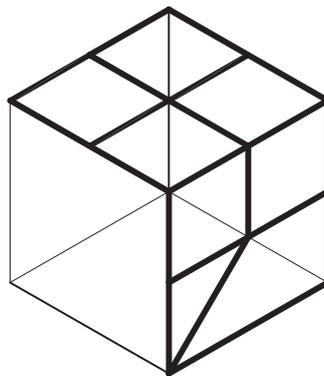
Se expone una variante del método propuesto por Eckhart en 1938 para la construcción gráfica de perspectivas porque aparece reflejado en bastantes libros, y es frecuente su utilización entre algunos alumnos, aunque como se argumenta a continuación no es recomendable su utilización como método habitual de visualización.

Eckhart ideó este método como forma de dibujar la perspectiva de un objeto en el plano a partir de sus vistas diédricas.

La variante consiste en dibujar las vistas del enunciado en los planos de proyección de la perspectiva que se va a dibujar, o sobre las caras del prisma envolvente. A partir de las proyecciones de los vértices de la pieza, y desde cada vista, se trazan paralelas a los ejes del sistema perspectivo, y se encuentran las intersecciones de los mismos. Uniendo convenientemente las intersecciones, se obtiene la perspectiva de la pieza.

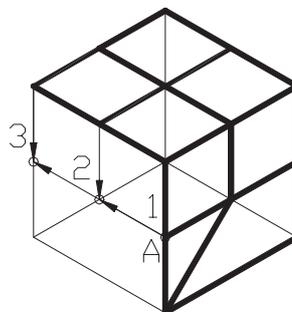


ENUNCIADO DE UN PROBLEMA CON DOS VISTAS



TRAZADO DE LAS VISTAS DEL ENUNCIADO EN EL PRISMA ENVOLVENTE

Es un método gráfico que funciona en piezas sencillas, en los que los vértices de la piezas estén definidos unívocamente, pero prácticamente inviable en cuanto se presenta más de una posible intersección para los puntos, o empieza a aumentar el grado de dificultad y el número de planos que contiene la pieza.



3 POSIBILIDADES DE INTERSECCION PARA EL PUNTO A

Por otro lado, el análisis de la información se realiza más bien a nivel de puntos, en lugar de tratar de definir superficies completas, por lo que resulta más complejo en la mayoría de los casos que el método de correspondencia de proyecciones entre vistas que aborda el problema desde un análisis de superficies. Es además un método planteado originariamente teniendo como objetivo el trazado de la pieza, no su definición, y se pretende llegar a la solución siguiendo un camino operativista o mecánico, sin realizar un análisis cualitativo de la pieza, y sin haber identificado o visualizado ninguno de los planos que lo forman.

*“...Con la referencia aludida por el autor, es obvio que se presenta el método con un propósito dirigido al trazado-delineado, al margen de cualquier planteamiento analítico formal o espacial.” (Ochoa de Eribe, 1999)*

### **C.3.- Método de correspondencia de proyecciones entre vistas.**

En este método, se inicia la construcción de la pieza a partir de la identificación elemento a elemento de los planos, rectas y puntos que la forman mediante la correspondencia entre vistas de las distintas proyecciones.

*“Para analizar y sintetizar las proyecciones en vista múltiples, es necesario considerar los elementos componentes que forman a la mayoría de los sólidos, es decir, superficies (planos), aristas, y vértices”. (Giesecke, 1974)*

En este paso el alumno debe conocer y aplicar correctamente las condiciones de correspondencia que se dan entre las proyecciones de un plano, recta, o punto, como consecuencia de los invariantes proyectivos y de la homografía de correspondencia entre las proyecciones y direcciones de proyección. Es decir, por un lado se da una correspondencia de *posición y dimensiones* entre las proyecciones de planos, rectas y puntos al pasar de una vista a otra.

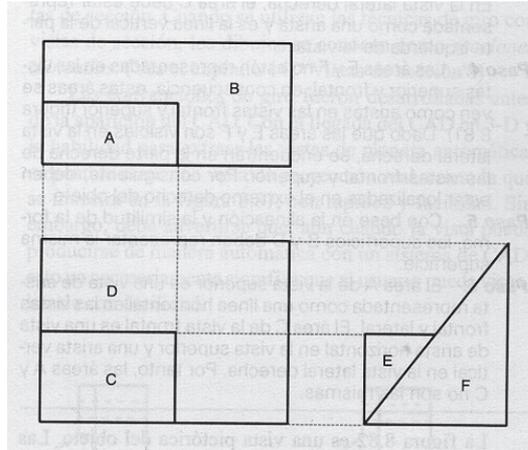
Por otro lado, se da una semejanza de *forma* entre las proyecciones de una superficie. Los planos mantienen el mismo *número de lados* y número de puntos que definen su contorno en las distintas proyecciones, a menos que en alguna de ellas sea proyectante (perpendicular al plano de proyección), en cuyo caso, se verá una única línea en dicha

vista. La *forma* del contorno es otra información que puede ser utilizada para encontrar la correspondencia, ya que dicha forma se mantiene similar de una proyección a otra, manteniendo además las condiciones de *paralelismo* entre rectas y la *proporcionalidad*, por tratarse ambas de invariantes proyectivos.

A la hora de encontrar la proyección correspondiente de una superficie en la otra vista, se deben conocer los tres *tipos de plano* con los que nos podemos encontrar (paralelos a los planos de proyección, perpendiculares a los mismos, y planos oblicuos), y las *proyecciones* a que éstos dan lugar. La clasificación habitual de tipos de plano es:

- plano **paralelo** a un plano de proyección: es decir, nos referimos a planos frontales, horizontales, o de perfil. Estos planos son paralelos al plano de proyección que les da nombre, y perpendiculares a su vez a los otros dos. Sus características proyectivas son que veremos su área en verdadera magnitud en una de las proyecciones, y que las otras dos serán rectas con las dimensiones correspondientes.
- plano **perpendicular** a un único plano de proyección (los planos paralelos a un plano de proyección son perpendiculares a los otros dos planos de proyección): ninguna de las dos proyecciones en las que vemos la superficie del plano está en verdadera magnitud, es decir, no vemos el área real del plano, sino una proyección, una “deformación” de su área. La tercera proyección será una recta en la vista en la que resulta ser perpendicular al plano de proyección. Una condición de correspondencia que habrá de cumplirse además de la posición y dimensiones de las proyecciones, es la de que el número de lados del contorno del plano se mantiene constante, a excepción de la recta.
- plano **oblicuo**: veremos tres proyecciones, en las que la forma del plano aparece deformada o distorsionada en cada una de ellas, manteniendo las condiciones de correspondencia de posición, dimensiones y número de lados del contorno.

**Ejemplo de resolución de un problema de visualización utilizando el método de correspondencia entre vistas mediante análisis de las superficies:**



(Nota: La figura ilustrativa está representada en sistema americano)

**Paso1.** Examine las tres vistas de la figura. No hay características circulares o curvas; por tanto, todas las áreas deben estar acotadas por superficies planas. En la vista superior, las áreas A y B están separadas por líneas; en consecuencia, éstas no se encuentran en el mismo plano. Lo mismo es cierto para las áreas C y D de la vista frontal, así como para las áreas E y F de la vista lateral derecha. La explicación de esto es que ningún par de áreas contiguas (adyacentes) pueden encontrarse en el mismo plano. Si estuvieran en el mismo plano, entonces no se dibujaría una línea para separarlas.

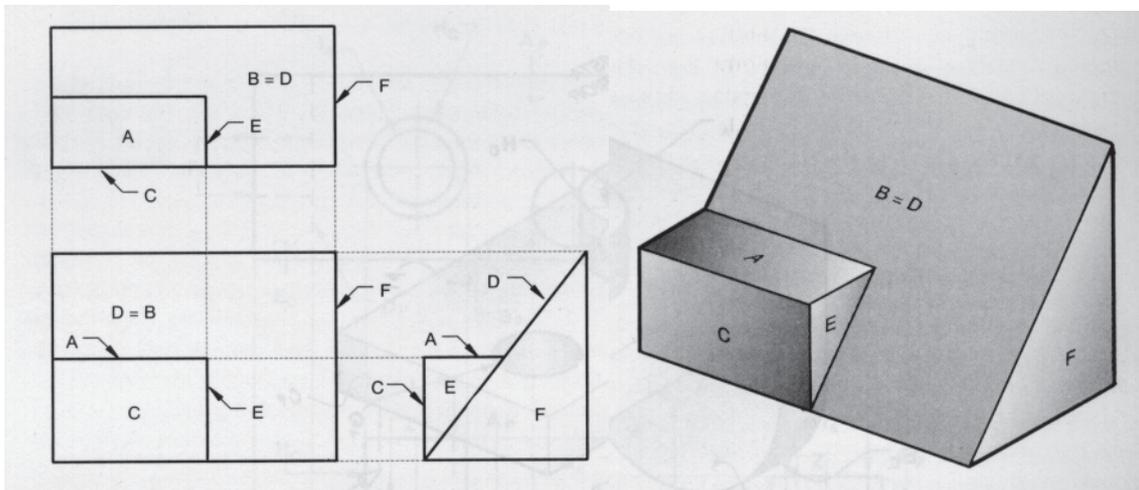
**Paso 2.** Las líneas de proyección entre las vistas superior y frontal indican que el área B corresponde al área D. Las áreas B y D también son similares en forma ya que las dos tienen seis lados, lo que refuerza la posibilidad de que estas áreas representen la misma característica. Del mismo modo, las áreas A y C están alineadas y tienen una forma similar, así que es posible que representen la misma característica. Sin embargo, antes de aceptar estas dos posibilidades, es necesario considerar la vista lateral.

**Paso3.** El área D se alinea con el área F, pero no son similares en forma; el área F tiene tres lados y el área D tiene seis. Por tanto, las áreas D y F no representan la misma característica. En la vista lateral derecha, el área D debe estar representada como una arista que separa a las áreas E y F; por consiguiente, el área D es el plano inclinado de la vista lateral derecha. El área C se alinea con el área E, pero no son similares en forma; el área C tiene cuatro lados y el área E sólo tres. En la vista lateral derecha, el área C debe estar representada como una arista y es la línea vertical de la parte izquierda de la vista.

**Paso 4.** Las áreas *E* y *F* no están representadas en las vistas superior y frontal; en consecuencia, estas áreas se ven como aristas en las vistas frontal y superior. Dado que las áreas *E* y *F* son visibles en la vista lateral derecha, se encuentran en la parte derecha de las vistas frontal y superior. Por consiguiente, deben estar localizadas en el extremo derecho del objeto.

**Paso 5.** Con base en la alineación y la similitud de la forma, las superficies *B* y *D* deben representar la misma superficie.

**Paso 6.** El área *A* de la vista superior es una vista de arista representada como una línea horizontal en las vistas frontal y lateral. El área *C* de la vista frontal es una vista de arista horizontal en la vista superior y una arista vertical en la vista lateral derecha. Por tanto, las áreas *A* y *C* no son las mismas. (Bertoline, 1997).



(Nota: La figura ilustrativa está representada en sistema americano)

Al intentar encontrar la correspondencia entre proyecciones, normalmente podemos discriminar las distintas posibilidades que cumplen la condición de *correspondencia de posición y dimensiones* (o alineamiento de proyecciones), recurriendo a la *similitud de forma del contorno*, obteniendo así una solución unívoca. Sin embargo, en ocasiones, no es posible discriminar de entre las posibles una única solución, y nos encontramos con que se abren *varios caminos de resolución* del problema.

En estos casos podemos optar por:

- a) Cambiar de plano a definir, intentando encontrar otro que tenga solución unívoca. Siguiendo este otro camino podríamos llegar hasta el final sin tener que probar una opción que no sabemos si es la correcta.
- b) Recurrir al método de ensayo y error de posibles tipos de plano que pudieran dar lugar a esa proyección que se está analizando (C.4), ensayando una de las posibles soluciones y siguiendo con la correspondencia de otras proyecciones hasta que:
- quede definida toda la pieza, en cuyo caso se había elegido la opción correcta.
  - lleguemos a un imposible, en cuyo caso, deberíamos volver al paso en el que se habrían las distintas posibilidades, y seguir el proceso con otra opción.

De las distintas posibilidades deberíamos elegir en primer lugar la más probable, que en cuanto a tipo de plano consistiría en elegir un orden de probabilidad teniendo en cuenta la frecuencia con la que aparecen los distintos tipos de plano en las piezas reales: plano paralelo a plano de proyección, perpendicular, y oblicuo.

De las dos opciones la más recomendable es la a), es decir, intentar encontrar siempre que sea posible un camino único de correspondencias unívocas, sin tener que hacer varios intentos, que pueden suponer mayor pérdida de tiempo. Si la pieza está unívocamente definida, es posible encontrar siempre un camino unívoco.

#### **C.4.- Método de ensayo y error mediante emisión de hipótesis de posibles tipos de plano.**

Este método no aparece en ninguna revisión bibliográfica, pero ha sido utilizado por varios expertos en la resolución de varios problemas planteados, y es especialmente frecuente entre los alumnos. Consiste en utilizar la técnica tentativa de ensayo y error planteándose para una proyección dada los distintos tipos de plano que pudieran dar lugar a esa proyección y siguiendo este orden: paralelo, perpendicular, u oblicuo a los planos de proyección. En general, se comprueba en primer lugar si la hipótesis de plano paralelo sería posible teniendo en cuenta el resto de proyecciones del enunciado. Si es así, se sigue definiendo la pieza con el análisis de otra proyección discriminando posibilidades hasta llegar a un final correcto.

Es necesario recurrir a este método en el caso de problemas abiertos (problemas planteados que tienen más de una solución correcta) para poder plantear las distintas soluciones posibles, o en el caso de problemas cerrados (es decir de solución única), puede utilizarse cuando se den casos de proyecciones que pueden tener en las otras vistas más de una correspondencia posible (comentado en el apartado anterior).

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de método de ensayo y error mediante emisión de hipótesis de posibles tipos de plano:**

- **Experto:** *Si empiezo por esta proyección, sucede que en principio, podría corresponderla con cualquiera de estas dos proyecciones de la vista perfil. Así, en principio, con este enunciado, no sé cuál de las dos proyecciones se corresponde con el plano que estoy tratando de analizar. Así que, tengo que elegir alguna de las opciones, y ver si sería posible. Hago una propuesta: a ver si esto está en la cara derecha del cubo. Antes de dibujar, pues bueno, compruebo: si esa hipótesis es cierta, ¿sale esta vista planta? Sí, pues sigo adelante. La dibujo.*
- **Entrevistador:** *La hipótesis es que está ahí delante (cara derecha del cubo de referencia), y también que es un plano frontal, ¿no?*
- **Experto:** *Sí, en efecto, las dos cosas.*
- **Entrevistador:** *Pero como hipótesis.*
- **Experto:** *Sí. Lo ponemos, y comprobamos después. Continuaremos completando la pieza, intentando encontrar las caras que están unidas a esta primera que he dibujado. La hipótesis para ésta otra proyección, también es más de una, la verdad. Horizontal, por ejemplo. Plantearé como primera hipótesis, que es horizontal. Y entonces, intento, a partir de ahí, si la pieza puede seguir estando bien. Se trata de hacer hipótesis, y luego comprobarlas: ¿está bien? ¿no concuerda con las vistas? Entonces la hipótesis está mal. Y la siguiente elección a probar en ese caso, sería el plano proyectante.*
- **Entrevistador:** *Has planteado dos hipótesis en todo momento. Que fueran paralelos a lo planos de proyección, o proyectantes. Y cuando tienes dos posibilidades, eliges siempre primero el paralelo. ¿Por alguna razón supones que es ésa siempre la primera hipótesis?*

- **Experto:** *Sí, como primera hipótesis, en principio, pruebo la que es más sencilla para ver o dibujar, o sea, los planos paralelos a los de proyección. Y si no se cumple, entonces, probaré el plano proyectante.*

## **D.-RESOLUCIÓN.**

Se trata de resolver literalmente hasta el final, *aplicando principios conocidos y representando* en nuestro caso *gráficamente* el resultado en perspectiva.

En el proceso de trazado seguido, se puede valorar la conveniencia de utilizar elementos de ayuda y referencia para la delineación, como el prisma envolvente, o la utilización de puntos de referencia. También se pueden seguir distintas secuencias de trazado dependiendo de las características de la pieza.

Sobre el trazado existe abundante bibliografía, ya que prácticamente todos los libros de texto sobre Dibujo Técnico incluyen algún capítulo sobre el trazado de perspectivas. En nuestro caso, añadimos algunos consejos y valoraciones.

### **D.1. TRAZADO DEL PRISMA ENVOLVENTE.**

Considerar el prisma envolvente de la pieza, como ya se ha visto anteriormente en el análisis cualitativo, además de servir para determinar el volumen aproximado de la pieza, se puede utilizar también para disponer de una referencia en la perspectiva para el trazado proporcional de la pieza, que permite situar más fácilmente cada uno de los planos que se van definiendo.

Una alternativa al trazado del prisma es dibujar los ejes del sistema de proyección en la perspectiva, pudiendo además señalar en dichos ejes una escala proporcional de distancias, o “escala de papel”. Prescindiríamos del prisma por ejemplo, en aquellos casos en los que tras haber identificado los tipos de planos presentes en la pieza, se observa que no hay planos paralelos a los planos de proyección de la perspectiva que coincidan con las caras del prisma.

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de valoración de uso del prisma envolvente:**

- **Entrevistador:** *En ésta no has dibujado el prisma envolvente.*
- **Experto:** *No, no, que va. He visto que había tanto plano oblicuo, que no me sirve de nada. En el anterior, sí. Esto es tan amorfo, que no lo relacionas con un prisma.*
- **Entrevistador:** *Entonces, diríamos que usas el prisma cuando la pieza tiene esa forma, y en este caso, como no era así, y había muchos planos oblicuos, no te servía de referencia.*
- **Experto:** *Uso el prisma cuando veo que hay por lo menos varios planos que son paralelos a los planos de proyección.*
- **Entrevistador:** *Y si no hay paralelos, no usas el prisma.*
- **Experto:** *Claro, claro, es que aquí no había ninguno excepto la base. En la anterior, sí.*

**D.2. UTILIZACIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA.**

En el caso de que la pieza contenga vértices salientes, conviene utilizarlos como puntos de referencia para el correcto trazado de la pieza, sin tener que dibujar necesariamente en este caso el prisma envolvente (ejemplo expuesto en el apartado A.1.3).

**D.3.- TRASLACIÓN DE DIMENSIONES DE LAS VISTAS A LA PERSPECTIVA**

Al realizar el trazado hay que tener en cuenta si las rectas tienen que ser *paralelas* a los ejes de construcción o no, ya que en ese caso se pueden trasladar las dimensiones de dicha recta medidas en la vista en la que se encuentra su proyección en verdadera magnitud a la perspectiva (aplicando el correspondiente coeficiente de reducción). En el caso de *líneas oblicuas* y también en el trazado de *planos oblicuos*, el correcto posicionamiento de los vértices extremos mediante traslación de las coordenadas es fundamental, ya que las magnitudes de las proyecciones en las vistas no se corresponden con las que se dibujan en la perspectiva.

En el caso del trazado de *circunferencias* en la perspectiva, existen métodos aproximados de trazado que también es conveniente dar a conocer al alumno, como el que circunscribe la circunferencia en un cuadrado como límite de referencia en el trazado y toma de la circunferencia varios puntos de referencia para el trazado manual del círculo en perspectiva.

#### D.4.- METODO DE ECKHART

Es viable para el trazado de pieza sencillas. Las consideraciones sobre este método se han reflejado anteriormente en el apartado C2. No se observa su utilización entre los expertos.

#### D.5. SECUENCIA DE TRAZADO.

Se pueden seguir dos estrategias de trazado:

##### 1.- Secuencia de trazado igual a la de análisis de superficies

Es la seguida por la mayoría de los alumnos, y por algunos expertos. La secuencia de trazado es la misma que la *secuencia de análisis* del enunciado, es decir, se traza un plano en la perspectiva cada vez que identifica un plano por correspondencia entre vistas.

##### 2.- Secuencia distinta a la del análisis

En la segunda estrategia, seguida por la mayoría de los expertos, se separa la secuencia de análisis del enunciado de la secuencia de trazado, realizándolos independientemente, y siguiendo secuencias distintas. Es decir, se comienza el trazado de la pieza una vez que la pieza ha sido completamente definida, y se sigue una secuencia propia de trazado planificada como más idónea dadas las características del objeto. Antes, se han identificado todos los planos mentalmente, se ha llegado a la solución y ha sido visualizada mentalmente, para después, comenzar con el trazado que va a plasmar esa solución.

En este segundo caso, una secuencia general recomendable sería situar en primer lugar en el prisma envolvente los *planos paralelos* a los planos de proyección que se encuentran situados en las caras del prisma, para seguir después el trazado con planos *contiguos* a los dibujados inicialmente. Convendría además realizar el trazado comenzando con planos que estén situados a altura cero (en la base), y proseguir con la construcción *de abajo hacia arriba*. En el caso de planos situados en la misma altura, sería conveniente dibujar en primer lugar los que estén *más alejados* del origen del sistema de coordenadas, ya que estos planos ocultarán a los que se encuentren situados detrás.

En esta secuencia, y teniendo en cuenta el orden de dificultad de trazado *según el tipo de plano*, podrían dibujarse en primer lugar los planos paralelos a los planos de proyección, seguidos de los planos perpendiculares, y por último, los oblicuos.

La primera estrategia de trazar planos según se van definiendo, es empleado sobre todo por los estudiantes, y podría deberse a una deficiencia en la capacidad de visualizar mentalmente y finalizar el proceso completo de correspondencia y definición de las piezas, sin necesidad de tener que trazar nada en el papel. Resulta más fácil ir dibujando la pieza a medida que se van determinando partes de la misma, ya que evita tener que memorizar cada plano mentalmente, y posibilita ir viendo paso a paso los resultados que se van obteniendo de manera más clara.

Observamos cualitativamente, que a medida que el alumno domina mejor la visualización, determina mentalmente más planos antes de comenzar con el trazado que quienes presentan deficiencias, y son minoría los alumnos que comienzan el trazado una vez que han visto toda la pieza. Sin embargo, el experto tiene la capacidad de visualizar mentalmente cada plano y finalizar el proceso completo de correspondencia sin tener que trazar nada en el papel. Es decir, el experto identifica todos los planos mentalmente, llega a la solución y visualiza la pieza por completo, y es después, cuando comienza el trazado planteándose aquella secuencia que le va a resultar más fácil de dibujar.

Consideramos por tanto conveniente trasladar al alumno la conveniencia de intentar identificar la mayoría de planos antes de comenzar el trazado para que vayan habituándose a la visualización mental sin tener que recurrir al papel, pero entendemos

que esa capacidad se va consiguiendo paulatinamente, y por tanto, en un primer estadio de aprendizaje puede ser didácticamente más oportuno ir trazando plano a plano la perspectiva de la pieza.

## **E. ANALISIS DE RESULTADOS**

Se trata de *confirmar, contrastar y validar las hipótesis* emitidas anteriormente, *comprobando la coherencia de la respuesta*. En nuestro caso, consiste en comprobar que, efectivamente, la pieza que se ha obtenido da lugar a las proyecciones del enunciado y no se observa ningún error.

De todas maneras, esta comprobación no se realiza únicamente al final del proceso, sino continuamente, si se va trazando cada plano según se va analizando. Esta comprobación tiene como objetivo descubrir posibles errores y solventarlos proponiendo la solución correcta.

En este sentido, varios autores recomiendan la *rotulación de superficies y de vértices* como forma de comprobar la exactitud de la solución:

*“Para verificar la exactitud de los dibujos de vista múltiples, las superficies pueden rotularse y compararse con las que aparecen en la vista pictórica.”*

*“Con frecuencia es útil rotular los vértices de la vista isométrica como una comprobación del dibujo de vistas múltiples.” (Bertoline, 1997)*

**Trascripción de parte de la entrevista realizada a un experto como ejemplo de rotulación de vértices y análisis continuo de resultados:**

- **(Experto):** *...Ayuda mucho numerar los vértices de las proyecciones de un plano que se está tratando de definir, y fijándote además en el sentido de numeración que se sigue. Quizá no es necesario rotular todas las caras, ya que teniendo varias situadas, el resto está casi definido.*

...

*A mí, lo de numerar los vértices me gusta mucho, y a los alumnos también les ayuda mucho para ir uniendo correctamente cada vértice e ir deduciendo la pieza.*

...

*De esta manera, vas dibujando según vas viendo las cosas, sin tener que analizar y definir todo desde el principio, ya que no olvidas la situación de los planos en el espacio, y al ir dibujando, vas comprobando al mismo tiempo, realizando un feedback 3D-2D.*

#### 1.4. INDICADORES DE COMPRENSIÓN EN VISUALIZACIÓN

Como se ha expuesto en la introducción de este capítulo, y se ha desarrollado y detallado en los siguientes apartados, a partir de la revisión bibliográfica, de las aportaciones de la investigación didáctica, del análisis y comparación de la resolución de problemas por parte de expertos y novatos, y del consenso y aportaciones posteriores de varios expertos, se han establecido siete indicadores de comprensión para la unidad didáctica de visualización, que suponen que el alumno ha aprendido los conocimientos teóricos y procedimentales básicos necesarios para poder resolver estos problemas.

Ya se ha comentado anteriormente que el conocimiento declarativo conceptual y procedimental implicado en la visualización de piezas, son dos aspectos interrelacionados según una forma de razonamiento propia de la disciplina para la resolución de este tipo de problemas, y que por tanto cuando enseñamos contenidos conceptuales también estamos enseñando conocimiento procedimental, y viceversa. Sin embargo, de cara a estructurar y clarificar esos contenidos, hemos clasificado los indicadores de comprensión diferenciándolos en teóricos (o conceptuales), y procedimentales. Así pues, los indicadores de comprensión que caracterizarían un aprendizaje comprensivo de la visualización de piezas serían:

A. Conocer los **fundamentos teóricos** de la de visualización:

1. Conocer los fundamentos de los *sistemas de representación diédrico y en perspectiva*.

2. Conocer los distintos *tipos de plano*, su clasificación, y las características de las *proyecciones* a que dan lugar (planos paralelos a los de proyección, proyectantes y oblicuos).
3. Conocer los distintos *métodos y estrategias de resolución* y su limitación y conveniencia de uso según las características de la pieza.
4. Conocer las *condiciones o reglas de correspondencia* entre proyecciones de una vista a otra, es decir, conocer la *homografía de correspondencia* entre proyecciones, como consecuencia de los *invariantes proyectivos: alineamiento* de las proyecciones según las direcciones de proyección, *similitud de forma y configuración* de las proyecciones de un mismo plano, invariante proyectivo de *paralelismo*, etc.

B. Poseer **conocimientos procedimentales** sobre resolución de problemas de visualización:

5. Realizar un *análisis cualitativo* del enunciado interpretando toda la información presente (análisis del volumen, superficies, y vértices) y siguiendo una adecuada *estrategia de análisis* de la misma (disgregación, orden de análisis de las vistas, y secuencia y nivel de análisis de los elementos de la pieza).
6. *Emitir hipótesis* coherentes con el análisis cualitativo realizado, como forma de focalizar y orientar la resolución, planteando todas las posibilidades.
7. Resolver el problema, siguiendo una adecuada *estrategia de trazado*, recurriendo a elementos de referencia para el trazado proporcional y la correcta traslación de puntos de las proyecciones diédricas a la perspectiva, valorando la utilización del prisma envolvente, puntos de referencia, y una adecuada secuencia de trazado.
8. Realizar una *análisis de los resultados*, comprobando su coherencia con el enunciado propuesto y las hipótesis emitidas.

## **SEGUNDA PARTE**

### **ANÁLISIS DE LA ENSEÑANZA HABITUAL DE LA VISUALIZACIÓN**

*Para la vista de un hombre, no le sirven las alas de otro..*

*Ivan S. Turgenev.*

## Capítulo 2.

### JUSTIFICACIÓN Y ENUNCIADO DE LA PRIMERA HIPÓTESIS DE TRABAJO.

#### 2.1. DIFICULTADES DE ENSEÑANZA EN LA VISUALIZACIÓN DE PIEZAS.

En los debates e intercambios de opinión informales que se producen en los congresos que se celebran en el área de conocimiento de Expresión Gráfica, hay una opinión extendida entre el profesorado que parece atribuir a la docencia de la visualización una dificultad especialmente relevante, y que sería consecuencia de una capacidad o incapacidad innata que el estudiante posee o del que carece: *“el que ve, ve, y el que no...no tiene nada que hacer”*. La visualización tendría según este punto de vista un carácter de destreza o capacidad innata que se posee o que se carece en un principio, y que resultaría en consecuencia difícil de enseñar y de aprender, dado que no parece estar claro qué aspectos docentes abordables están involucrados en esa capacidad. Así pues, tampoco estaría claro cómo podríamos desarrollar esa capacidad.

*“Es importante destacar que el estudio explícito del problema de “lectura” e interpretación de planos de ingeniería debe servir como vehículo de reflexión para hacer explícitas las capacidades que habitualmente se usan (y se enseñan) para “leer” planos técnicos. Esa mezcla de “capacidad de visión espacial”, conocimiento de los invariantes de los sistemas de representación, habilidad para descubrir “buenas formas” (tales como simetrías totales o parciales, ángulos rectos, etc.) y conocimientos de las normas y de las “normativas” a que conduce la práctica. Es decir, que puede y debe servir para reflexionar sobre la vigencia de ciertas normas y de ciertas enseñanzas del área de Expresión Gráfica en la Ingeniería.” (Gomis, 1996)*

¿Es posible que la capacidad de visualización no sea una destreza general innata, sino que consista en realidad en el conocimiento de una serie de procesos, razonamientos, métodos y estrategias de resolución, contenidos teóricos, conceptuales y procedimentales implicados en el proceso de deducción de este tipo de problemas?

*“No obstante, sin que suponga el menor menoscabo para la prioridad citada (aprender a leer e interpretar planos, y saber plasmar en lenguaje gráfico la concepción mental de un mecanismo) y tanto menos incida desfavorablemente en el interés que para el alumno debe encerrar este aprendizaje de lectura y expresión gráfica, antes al contrario, el fomento del hábito de observación y análisis a que antes se ha hecho referencia; el desarrollo de la concepción espacial; hoy marginada o, al menos no en el activo lugar que le corresponde; la práctica de la deducción y el raciocinio, ausentes de cualquier esfuerzo memorístico; el conjunto de todas estas características, decíamos, constituyen una verdadera formación consustancial con el Ingeniero y por ello de inestimable valor para quienes deben de forjarse desde el primer momento en esa línea.” (Hidalgo, 1976).*

Sin embargo, algunos profesores afirman desconocer un método claro de resolución de los problemas de visualización, a excepción de algunos métodos como descomponer la pieza en partes geométricas elementales, o el método de Echkart, que puede ser utilizado en casos de piezas sencillas.

*“A la mayoría de los estudiantes de cursos gráficos elementales se les dificulta visualizar un objeto desde dos o más vistas. Esto se debe, en gran medida, a la carencia de un procedimiento sistemático para analizar formas complejas. El método más simple para determinar la forma se ilustra en la figura 5.33. Este método de “desarticulación” puede aplicarse a cualquier objeto, puesto que todos los objetos se pueden concebir como si consistieran en formas geométricas elementales como prismas, cilindros, conos y demas.” (Luzzader, 1986)*

También se afirma que en los libros de texto no se recoge la metodología, los razonamientos o estrategias (si las hubiere) que se pueden seguir durante el proceso de deducción de un problema de visualización:

*“Para la solución de los ejercicios típicos de la asignatura, las metodologías de solución de los mismos no están presentes en la bibliografía disponible para los estudiantes, al menos en todos los casos de forma explícita.”(Pérez, 2002).*

Los libros de texto parecen centrarse más en mostrar los fundamentos teóricos que sustentan la representación de piezas, y ofrecer una recopilación de normas y convenios de dibujo técnico que confieren a esta materia el carácter o la consideración de lenguaje gráfico consensuado. En este sentido, la revisión bibliográfica de los libros de texto de Expresión Gráfica no parece a priori que vaya a resolver el problema que aquí se está planteando.

En este contexto, parece que la estrategia habitual de enseñanza de esta unidad didáctica se centra en adquirir los conocimientos de visualización a base de realizar muchos ejercicios. Se trata de disponer de la experiencia suficiente, después de enfrentarse a un número considerable de casos de “tipos” de piezas o casos geométricos que pasan a engrosar la “base de datos” del ingeniero, de manera que cuando se enfrente a un nuevo caso, acabe relacionándola con alguno ya resuelto en el pasado, lo cual le permitirá abordar con éxito la resolución del problema.

*“La habilidad de lectura se desarrolla con la experiencia. El delineante experimentado lee con rapidez, porque reconoce fácilmente las formas familiares y sus combinaciones.”(Sanjuán, 1975).*

¿Es posible que la visualización consista en un “saber” y un “saber hacer” que puede ser abordado desde un punto de vista didáctico para encontrar una estrategia docente más adecuada que la que se lleva a cabo en la enseñanza habitual?

Se argumenta también que el nivel con que llega el alumno a la universidad es cada vez peor. Además, el contenido que se imparte en enseñanzas medias varía mucho de una escuela a otra, y también el nivel exigido o adquirido por los estudiantes. De hecho, dado el carácter optativo de la asignatura de dibujo en enseñanzas medias dependiendo del itinerario escogido, se da la circunstancia de que cada vez son más los alumnos que inician la carrera de Ingeniería Técnica Industrial sin conocimientos previos de dibujo (60% de los alumnos matriculados en la titulación de Ingeniero Técnico en Química Industrial en la EUITI de San Sebastián). Eso hace que el docente se encuentre al inicio del curso con un grupo de estudiantes poco homogéneo, y con grandes diferencias de uno a otro.

*“1. Estado de las Enseñanzas de Expresión Gráfica en las Escuelas Técnicas, por el Profesor D. Ernesto Zubiaurre Maguinay, Catedrático de la E.T.S.I. Industriales de Zaragoza: Primero realizó un análisis histórico de los planes de estudio de las EE.TT.SS y de las EE.UU., del que cabe destacar la sensible reducción porcentual del número de horas asignadas a asignaturas del área de Expresión Gráfica de la Ingeniería, en relación con el número de horas totales de las carreras. Posteriormente, realiza un análisis de la situación actual, del que se puede destacar la insuficiencia de conocimientos de los alumnos que acceden a las Escuelas Técnicas; insuficiencia debida a los programas cursados con anterioridad y a que en el C.O.U. es optativa la asignatura de Dibujo Técnico para quienes pretenden acceder a nuestras Escuelas.”(Zubiaurre, 1992).*

¿Se tienen en cuenta los conocimientos previos de los alumnos a la hora de elaborar el programa de la asignatura, y abordar la problemática de la visualización de piezas? ¿Se considera la necesidad de incluir contenidos procedimentales en la visualización? ¿Se desarrolla el programa con un ritmo adecuado a las necesidades del alumno? ¿Se conocen y se diseñan estrategias didácticas de acorde a las aportaciones que la investigación didáctica ofrece?

¿Se tiene todo esto en cuenta en la enseñanza habitual de la asignatura, y más concretamente, en la docencia de la visualización?

## 2.2. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES EN LA VISUALIZACIÓN DE PIEZAS.

En el área de Expresión Gráfica, y concretamente, en el aprendizaje de la visualización de piezas a partir de sus proyecciones en el plano, los profesores que impartimos docencia en el primer curso de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial nos encontramos con serias deficiencias y dificultades de aprendizaje entre los alumnos que cursan esta asignatura.

*“Se ha dicho muchas veces que el mayor inconveniente de la representación de una pieza por sus tres proyecciones es que no da una idea clara de la forma del objeto. Esta*

*forma se puede imaginar únicamente con un estudio simultáneo de las tres proyecciones. Cuando la pieza es sencilla, no es difícil su estudio. Pero tratándose de piezas complicadas, el estudio de las tres proyecciones, para deducir mentalmente con claridad la verdadera forma de la pieza, es complicado y requiere un esfuerzo mental muy considerable.” (Straneo, 1965).*

Se da la circunstancia de que incluso aquellos alumnos que obtienen un elevado rendimiento académico en otras asignaturas presentan problemas en la resolución de problemas de visualización de piezas y llegan a suspender esta materia:

*“Con mucha frecuencia, los profesores de Dibujo Técnico y Sistemas de Representación se encuentran ante alumnos que, aún 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.” (Pérez Carrión, 1998).*

Hemos de suponer por tanto, que el fracaso en la visualización de piezas no se debe fundamentalmente a responsabilidades individuales de los estudiantes, ya que hay alumnos que han demostrado ser capaces de superar con un alto rendimiento otras asignaturas, sino tal vez a deficiencias presentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

*“Gran cantidad de alumnos de estudios técnicos, se encuentran con la dificultad de salvar el obstáculo que suponen las asignaturas de Expresión Gráfica, cuando no tienen capacidad de relacionar las representaciones de dos dimensiones con los objetos de tres dimensiones. Muchos de ellos consiguen salvar este obstáculo a base de un gran esfuerzo personal, que no siempre está dirigido en la dirección correcta.” (Pérez Carrión, 1998).*

### 2.3. ENUNCIADO DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

En consecuencia, las reflexiones realizadas hasta aquí nos llevan a emitir la primera hipótesis de trabajo que se enuncia a continuación, y que se centra en el supuesto de que

la enseñanza habitual de la visualización de piezas en la asignatura de Expresión Gráfica adolece de deficiencias didácticas importantes.

### **HIPÓTESIS H1:**

*La enseñanza habitual de la visualización de piezas adolece de deficiencias didácticas que contribuyen a que los estudiantes presenten deficiencias y dificultades conceptuales y procedimentales en la resolución de estos problemas, que conlleva a que no interpreten correctamente o visualicen en el espacio su representación en el plano.*

Así pues, nos planteamos como objetivo analizar el proceso de enseñanza-aprendizaje para caracterizar los posibles factores que inciden en esta situación. Ello implica analizar dos aspectos del proceso: por un lado, las dificultades conceptuales o procedimentales que presenta la de visualización de piezas, y por otro, cómo se enseña o cómo se consigue que el alumno adquiera esos conocimientos.

Tratando de determinar el origen de las dificultades que tienen los estudiantes en la visualización de piezas, nos planteamos a título de hipótesis que dicha dificultad podría estar centrada en los procedimientos de visualización, más que en los conceptos o la teoría que la sustentan. Creemos que no se trata tanto de una deficiencia en el conocimiento declarativo, en el “saber”, sino más bien en el “saber hacer”. El alumno afirma comprender la teoría que sustenta la expresión gráfica, pero a la hora de resolver problemas de visualización de piezas parece tropezar con dificultades procedimentales y de razonamiento en la resolución del problema planteado.

El desconocimiento o tratamiento deficiente de los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la resolución de los problemas de visualización puede ser uno de los factores por los cuales no se haya abordado convenientemente la problemática presente en la resolución de problemas de visualización.

### **Capítulo 3.**

## **OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES CORRESPONDIENTES.**

De acuerdo con la primera hipótesis que hemos enunciado en el capítulo anterior, la enseñanza habitual de visualización de piezas adolece de deficiencias didácticas que contribuyen a que los estudiantes presenten deficiencias y dificultades conceptuales y procedimentales en la resolución de estos problemas.

A continuación se va a exponer el diseño elaborado para contrastar esta primera hipótesis. Se empieza por operativizar la hipótesis y a continuación se da una visión global del diseño. Después se presenta en detalle cada uno de los diseños particulares que se han elaborado para contrastarla, y cada uno de los instrumentos en que se han concretado dichos diseños.

### **3.1. OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS Y VISIÓN GENERAL DEL DISEÑO.**

Las consecuencias contrastables que hemos derivado de la primera hipótesis, se refieren a aspectos interrelacionados, y por tanto, susceptibles de ser estudiados, tanto por separado como de forma agrupada. Por ello, para algunas consecuencias se han realizado cuestionarios y estadillos individuales, mientras que para otras se ha creído más adecuado realizar un diseño común.

Al presentar una panorámica general del diseño experimental es preciso advertir contra el error, en el que en ocasiones se ha incurrido, de confundir la investigación didáctica con trabajos de tipo sociológico. En la investigación educativa no es lo más relevante, en general, el tamaño de la muestra, y en este sentido se ha tenido en cuenta que según Larkin y Rainard (1984), de la Carnegie-Mellon University (EEUU), uno de los centros más importantes del mundo en psicología del procesado de la información, encuestar a 500 en vez de a 10 individuos de una población de 5000, para contrastar si presentan o no una determinada característica, sólo disminuye en un factor de 1.1 la desviación típica. Así pues, en la mayoría de las investigaciones educativas se valora la riqueza del

diseño en la medida que es capaz de explorar una diversidad de facetas e implicaciones de las hipótesis. Nuestra intención no es, pues, utilizar grandes muestras, sino buscar grandes diferencias (en sentido estadístico) entre las muestras utilizadas, de acuerdo con la hipótesis a contrastar, y a ser posible de muy diferentes maneras experimentalmente (Hayman, 1981).

La operativización de la primera hipótesis implica la enumeración y análisis de diversos aspectos implicados en la enseñanza/aprendizaje habitual de la visualización de piezas. Este análisis se ha dirigido hacia los dos aspectos principales del proceso. De una parte, hacia la **enseñanza** que se imparte, y que tiene como protagonistas principales a *los libros de texto* y al *profesorado*. En segundo lugar, debemos analizar el **aprendizaje** logrado por *los alumnos* tras este tipo de enseñanza.

Respecto al primero de los aspectos, examinaremos la presentación de la teoría y el tratamiento de la visualización de piezas en los libros de texto, a fin de descubrir deficiencias didácticas que dificulten el aprendizaje comprensivo.

Nuestro análisis prestará además atención especial al profesorado, ya que éste constituye un elemento transmisor esencial no sólo de información sino también de contenidos procedimentales y puntos de vista con los que los estudiantes modularán sus propias actitudes a lo largo del proceso de aprendizaje.

Respecto al aprendizaje logrado por la enseñanza habitual, el análisis se centrará en la detección de las deficiencias y dificultades que presentan los estudiantes tras haber cursado la asignatura de Expresión Gráfica.

Hemos planteado la detección de las deficiencias didácticas de la enseñanza habitual de la visualización de piezas mediante un diseño experimental múltiple y convergente, porque el proceso de enseñanza/aprendizaje en el contexto escolar es tan complejo que trabajar con un único método podría producir resultados limitados y en ocasiones engañosos (Cohen y Manion, 1990).

Se ha buscado contrastar la hipótesis mediante la formulación de múltiples predicciones derivadas, lo cual aporta criterios razonablemente objetivos sobre la validez de la

hipótesis, ya que la coherencia de resultados obtenidos con una variedad de estrategias puede interpretarse como indicadora de la validez interna de las mismas.

Para la contrastación de las diferentes consecuencias derivadas se han utilizado redes de análisis de respuestas escritas o de libros de texto y técnicas cualitativas como entrevistas a los estudiantes y a los profesores.

El análisis de las entrevistas, cuestionarios de preguntas abiertas y libros de texto han sido realizados por el autor de este trabajo, y al menos otro investigador, habiéndose llegado prácticamente al total grado de acuerdo entre todos los investigadores. Los diversos instrumentos (cuestionarios, estadillos, ...) que se elaboraron para realizar las contrastaciones de las consecuencias enunciadas y lo que, de acuerdo con la primera hipótesis, se esperaba detectar con cada uno de ellos se presentarán de manera general como documentos numerados.

La realización de diseños obliga a concretar mucho más las hipótesis generales, labor que termina con la explicitación de lo que se denominan consecuencias contrastables.

### 3.2. CONSECUENCIAS CONTRASTABLES DE LA PRIMERA HIPÓTESIS, RELATIVAS A LAS DEFICIENCIAS DIDÁCTICAS DE LA ENSEÑANZA HABITUAL.

De acuerdo con el enunciado de la primera hipótesis, es previsible que la **enseñanza** habitual de la visualización de piezas adolezca de deficiencias didácticas, que tendrán su consiguiente reflejo a la hora de analizar la organización, secuenciación, y contenidos de la unidad didáctica, tanto en los libros de texto, como en el programa seguido por el profesorado. Dichas deficiencias se concretan en:

A1.- No toma en consideración los *conocimientos previos* de los estudiantes.

A2.- No toma en consideración las posibles *dificultades procedimentales* de los estudiantes en la resolución de problemas de visualización.

A3.- Se centra casi exclusivamente en los *contenidos teóricos o conceptuales*, olvidando los *procedimentales y actitudinales*. Como derivación, la mayor parte del tiempo de clase se imparte como lección magistral, primando la teoría, el conocimiento declarativo, sobre el tiempo dedicado a la resolución de problemas.

A4.- Presenta los contenidos de la asignatura como una *exposición excesivamente compartimentada* de los fundamentos teóricos que la componen, transmitiendo conocimientos autónomamente, olvidando las conexiones e interrelaciones entre las unidades didácticas, y en concreto, de aquellos contenidos conceptuales y procedimentales que se ven implicados en la resolución de los problemas de visualización.

A5.- Se sigue un sistema de *evaluación* final, que no permite conocer el *proceso* gradual de aprendizaje y asimilación de los estudiantes, de cara a posibilitar la *autorregulación* del alumno, el *aprendizaje metacognitivo*, y la *readaptación de la estrategia docente* en función de los resultados obtenidos.

A6.- Se utiliza el *ordenador*, en su caso, fundamentalmente como herramienta de CAD (Diseño Asistido por Ordenador), es decir, como herramienta de trazado informático, prescindiendo de sus posibilidades como herramienta de EAO (Enseñanza Asistida por Ordenador): por una lado, como aplicación visualizadora que contribuya a una mejor comprensión de las piezas mediante la utilización de representaciones virtuales, y por otro, como complemento a la docencia en el aula, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de autoformación en casa.

### 3.3. CONSECUENCIAS CONTRASTABLES DE LA PRIMERA HIPÓTESIS, RELATIVAS A LAS DEFICIENCIAS EN EL APRENDIZAJE LOGRADO CON LA ENSEÑANZA HABITUAL

De acuerdo con el enunciado de la primera hipótesis, se detectará en el **aprendizaje** de los estudiantes deficiencias y dificultades conceptuales y procedimentales en la resolución de los problemas de visualización. Esto se considerará probado si se observa

en los estudiantes los errores conceptuales y procedimentales que se concretan a continuación:

B1.- Los estudiantes presentarán deficiencias en el conocimiento de los distintos *tipos de plano*, su clasificación, y las *proyecciones* a que dan lugar.

B2.- Los estudiantes mostrarán deficiencias en el conocimiento de los distintos *métodos de resolución*, así como su limitación y conveniencia de uso según las características de la pieza.

B3.- Los estudiantes presentarán deficiencias en el conocimiento y la aplicación de las *condiciones o reglas de correspondencia* entre proyecciones de una vista a otra en el método de análisis de superficies.

B4.- Los estudiantes cometerán errores *procedimentales* en la resolución de problemas de visualización, en aspectos tales como:

B4.1.- El *análisis cualitativo* del enunciado, interpretando toda la información presente y siguiendo una adecuada *estrategia de análisis*.

B4.2.- Recurrir a la *emisión de hipótesis* sólo cuando es necesario, y plantear en ese caso todas las posibilidades.

B4.3.- Seguir una adecuada *estrategia de trazado* recurriendo a elementos de referencia para el trazado proporcional y la correcta traslación de puntos de las proyecciones diédricas a la perspectiva.

En los dos siguientes apartados se presentarán los instrumentos experimentales diseñados para contrastar cada una de las consecuencias enunciadas en los párrafos anteriores, que se muestran a continuación de manera resumida para proporcionar una visión de conjunto.

#### **Instrumentos para el análisis crítico de la *enseñanza* habitual:**

1.-Análisis de los contenidos, organización y actividades propuestas en los libros de texto (Documento 1. Apartado 3.4.1).

2.-Análisis de programación, estrategias didácticas, y formas de evaluación utilizadas por los profesores (Documento 2. Apartado 3.4.2).

### **Instrumentos para el análisis del *aprendizaje* logrado en la enseñanza habitual**

3.-Análisis de deficiencias y dificultades en la resolución de problemas de visualización (Documento 3. Cuestionario semiestructurado de tres problemas de visualización de nivel de dificultad gradual. Apartado 3.5.1).

### 3.4. DISEÑOS CENTRADOS EN EL ANÁLISIS CRÍTICO DE LA *ENSEÑANZA* HABITUAL.

La investigación didáctica ha señalado en repetidas ocasiones que el libro de texto es el más importante de los recursos que usan los profesores en sus clases (Otero, 1985; Izquierdo y Ribera, 1997). Del Carmen y Jiménez (1997) afirman que *“los libros de texto han sido y continúan siendo el material curricular más utilizado para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos. Tanto es así que en ocasiones se identifica material curricular con libros de texto”*.

Esta influencia de los *libros de texto* en la enseñanza habitual nos ha llevado a analizarlos para poner en relieve en primer lugar la manera en que se organizan y se secuencian en ellos los contenidos teóricos y procedimentales implicados en la visualización de piezas. En segundo lugar, analizar la colección de ejercicios, problemas y actividades propuestas (incluyendo la utilización del ordenador) para la aplicación y asimilación de la teoría, y el aprendizaje comprensivo de la unidad didáctica. Esto nos permitirá contrastar las deficiencias A1, A2, A3, A4, y A6, enunciadas anteriormente en el apartado 3.2.

Por otra parte, contrastar la primera hipótesis exige investigar la programación, estrategias didácticas, y formas de evaluación que sigue habitualmente el *profesorado*. Así mismo, se analizará la utilización del ordenador en la docencia por parte de los profesores. Se recurrirá para ello a la realización de entrevistas a profesores siguiendo

un cuestionario, lo cual servirá para contrastar las consecuencias A1, A2, A3, A4, A5 y A6.

Los diseños que se desarrollan a continuación son de tipo cuantitativo (cuestionarios), como semicuantitativo (análisis de libros de texto), y cualitativos (entrevistas). Los diferentes resultados se apoyan unos a otros para converger y dar verosimilitud a la hipótesis.

### **3.4.1. Diseños para contrastar deficiencias relativas a la organización, contenidos, y actividades propuestas en los libros de texto relativas a la visualización de piezas.**

Los libros han sido analizados siguiendo el estadillo y los criterios de valoración que se presentan a continuación.

#### **Documento 1. Red de análisis de libros de texto sobre deficiencias didácticas en la introducción de contenidos de visualización.**

- 1.- Toma en consideración el nivel de partida y las dificultades de los estudiantes.
- 2.- Justifica racionalmente la introducción de conceptos y/o procedimientos de visualización.
- 3.- Propone la utilización de los nuevos conocimientos en una diversidad de situaciones.
- 4.- Evaluación del aprendizaje:
  - 4.1.- Se indican los objetivos a evaluar.
  - 4.2.- Se proponen actividades de autorregulación.
- 5.- Propone actividades utilizando las posibilidades didácticas del ordenador:
  - 5.1.- Utiliza el ordenador como herramienta de EAO, incluyendo actividades a realizar con software específico.
  - 5.2.- Incluye software para que el alumno realice las actividades propuestas.
  - 5.3.- Propone el uso del ordenador como herramienta de CAD.

### **Criterios de valoración**

Se asignará a cada ítem la valoración “Satisfactorio” (S), “hace Referencia o menciona” (R), o “No menciona” (N), según su grado de coincidencia con el mismo:

- Satisfactorio: Toma en consideración la propuesta del ítem y la explica suficientemente.
- Hace referencia o menciona: hace referencia o menciona la propuesta del ítem, pero sin explicarla o tratarla convenientemente.
- No menciona.

Los criterios de valoración que se seguirán son para cada cuestión planteada:

#### Cuestión 1.

Esta cuestión se valorará “satisfactoriamente” (S) si se hace referencia a los procedimientos, deficiencias y dificultades más comunes que presentan los alumnos al tratar de resolver problemas de visualización. El hecho de que se mencionen esos procedimientos, deficiencias o dificultades que se detectan en la visualización, implica que se han tomado en consideración a la hora de diseñar y desarrollar la unidad didáctica de visualización. Se valorará también satisfactoriamente si se ofrecen ejemplos o problemas resueltos incorrectamente para que el lector detecte los errores cometidos, ya que implica que se está aludiendo a errores comunes sobre los cuales se está previniendo. Caso de que se haga una referencia general a la existencia de dificultades de visualización sin concretarlas explícitamente, se valorará como “hace referencia o menciona” (R), y en caso contrario, “no se menciona” (N).

#### Cuestión 2.

Se analiza cómo se presenta la unidad didáctica de visualización, justificando su necesidad, o las tareas, conceptos o procedimientos que se van a abordar. Se valorará satisfactoriamente la justificación de por qué se hace o se aborda la visualización, y los conceptos o procedimientos implicados en la misma, o la razón de que se aborden en

esta unidad didáctica y no en otra. La justificación de nuevos conceptos y procedimientos tiene en consideración desde un punto de vista didáctico aspectos de comprensión, motivacionales y de interés del alumno hacia la visualización, lo cual se valorará como “satisfactoriamente” (S). Si se hace un referencia general a su necesidad, sin introducir o justificar los conceptos, métodos y procedimientos, se valorará como “hace referencia o menciona” (R). Si no se hace introducción o justificación alguna, se asignará “no se menciona” (N). El caso extremo negativo, consistiría en no considerar siquiera la visualización como unidad didáctica, estando los contenidos implicados en la misma dispersos en otras unidades didácticas del libro de texto.

### Cuestión 3.

Se valorará positivamente (S) si se ponen a prueba los nuevos conceptos y procedimientos en una diversidad de situaciones prácticas interesantes, para mostrar que realmente sirven para resolver los problemas que se plantearon. Se analizarán los procedimientos y métodos de resolución de los problemas de visualización propuestos para distintos casos, las limitaciones y conveniencias de uso de cada uno, la inclusión de valoraciones, consejos y recomendaciones que justifiquen la elección de unos heurísticos frente a otros, y si se aplica o no esa diversidad de situaciones a ejemplos resueltos. El objetivo es determinar si se han racionalizado los procedimientos implicados en la visualización para mejorar las habilidades del estudiante en la resolución de este tipo de problemas. En la medida que se expongan los nuevos conceptos y procedimientos sin ponerlos a prueba, se asignará la valoración “hace referencia o menciona” (R), y en el peor de los casos, si se presentan los contenidos de la visualización de manera sesgada, incompleta, o nula, “no se menciona” (N).

### Cuestión 4.

El ítem 4.1 se valorará positivamente si se indican claramente los objetivos a evaluar en cada actividad propuesta (S) o se hace una mención general para el conjunto de todas las actividades (R). Si no se indican, se asignará la valoración “no se menciona” (N). El ítem 4.2 se valorará satisfactoriamente si se proponen actividades de autorregulación, resolviendo los ejercicios propuestos incluyendo el proceso de deducción y valorando las distintas alternativas (S). Se tendrá en cuenta si se ofrece solamente la solución final

de los problemas propuestos (R), o únicamente se proponen enunciados sin ofrecer el resultado, lo cual no posibilitaría la autorregulación de los conocimientos adquiridos (N).

#### Cuestión 5.

El ítem 5.1 se valorará positivamente (S) en la medida en que el texto proponga un uso activo del ordenador a través de actividades expresamente creadas para que el alumno supere sus posibles dificultades de visualización y ponga en práctica los conceptos y procedimientos adquiridos. Si propone el uso de alguna herramienta de EAO que es utilizado por el profesor en sus explicaciones en el aula pero no permite la participación activa del alumno, se asignará la valoración (R), y en el caso de no utilizarlo, (N). El ítem 5.2 se valorará positivamente (S) si se incluye el software, y negativamente (N), en caso contrario. El ítem 5.3 se valorará positivamente (S) si se propone el uso del ordenador como herramienta de CAD en situaciones variadas que permitan al alumno relacionar la representación de piezas en el plano con la realidad espacial. Se asignará (R) si se propone su uso como herramienta de dibujo en dos dimensiones, y (N) en el caso de no proponer el uso del ordenador.

#### **3.4.2. Diseños para contrastar deficiencias relativas a las programaciones, estrategias didácticas y formas de evaluación utilizados por el profesorado.**

Se ha confeccionado un cuestionario para entrevistar personalmente a profesores en activo y experimentados en la docencia de visualización de piezas. Dicho cuestionario y el protocolo para analizar las respuestas se muestran seguidamente.

#### **Documento 2. Cuestionario para entrevista a profesores sobre programaciones, estrategias didácticas y formas de evaluación.**

1.-¿Tienes en cuenta los *conocimientos previos* de los alumnos a la hora de elaborar el programa de la unidad didáctica de visualización, o las estrategias didácticas a seguir?

1.1.-¿Cómo conoces los conocimientos previos de los alumnos en visualización, o bien cómo los evalúas (si es que realizas una evaluación previa)?

- 1.2.-¿Cómo afecta ese conocimiento a la programación preparada de antemano?
  
- 2.-¿Cuáles son en tu opinión los *contenidos conceptuales y procedimentales* necesarios para la visualización de piezas y que secuenciación sigues al abordarlos en clase?
  
- 3.-¿Cuáles son en tu opinión las *dificultades conceptuales o procedimentales* más importantes que has detectado en los alumnos en la visualización de piezas?
  
- 4.-¿Qué *estrategias didácticas* utilizas en clase en la visualización de piezas? ¿Cómo crees que se adquieren los conocimientos necesarios para la visualización de piezas?
  - 4.1.-¿Qué importancia concedes a la resolución de problemas como forma de aprender a visualizar piezas? ¿Cuánto tiempo dedicas a la exposición de los contenidos de la unidad didáctica, y cuánto a la resolución de problemas?
  - 4.2.-¿Se deducen completamente en el aula los problemas, o sólo se muestra la solución?
  - 4.3.-¿Utilizas o propones actividades que conlleven el uso del ordenador como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización?
  
- 5.-¿Qué *sistema de evaluación* sigues?

### **Protocolo para analizar el cuestionario**

**Cuestión 1.-** Debido a la no obligatoriedad del aprendizaje de la asignatura de expresión gráfica en enseñanzas medias, y a las diferentes formas de abordar la asignatura dependiendo del centro en el que se imparta, el nivel de partida de los alumnos al comienzo del curso puede ser muy heterogéneo. Se trata de determinar si el profesor tiene en consideración los conocimientos previos de los estudiantes, como punto de partida del aprendizaje comprensivo, y cómo afecta esa situación a la programación de la asignatura o las estrategias didácticas que se vayan a seguir.

**Cuestión 2.-** Se trata de determinar cuáles son los contenidos conceptuales y procedimentales que el profesor considera que el alumno debe conocer para poder visualizar piezas. Se valorará negativamente que la enseñanza se centre fundamentalmente en la exposición de contenidos conceptuales, olvidando o no tratando

conveniente los contenidos procedimentales implicados en la resolución de los problemas de visualización. Como derivación, es posible que la mayor parte del tiempo de clase se imparta como lección magistral, primando la teoría, sobre el tiempo dedicado a la resolución de problemas. Se valorará positivamente una secuenciación de los contenidos necesarios para la visualización que sean tratados específicamente en la unidad didáctica, o bien, negativamente, que hayan sido expuestos compartimentadamente en distintas unidades a lo largo del curso, con el riesgo de que el alumno no las haya interrelacionado. Asimismo se les cuestionará sobre la secuenciación seguida en las actividades o tipos de problemas propuestos para el aprendizaje de la unidad didáctica.

**Cuestión 3.-** Se valorará positivamente que el profesor tenga conocimiento de las razones por las cuáles un alumno “no ve”, ya que eso condiciona las estrategias didácticas a seguir para su tratamiento. Se tendrá en cuenta especialmente si se mencionan posibles dificultades procedimentales en la resolución de problemas, o se hace referencia únicamente a dificultades de tipo conceptual.

**Cuestión 4.-** Se trata de determinar la concepción que tiene el profesor sobre la forma en que el estudiante adquiere los conocimientos necesarios para la visualización de piezas. Se valorará la importancia que se dé a la resolución de problemas como forma de integrar en una misma actividad el aprendizaje de los contenidos conceptuales y procedimentales en la visualización de piezas. Se valorará si los problemas se abordan y se resuelven en clase en una diversidad de situaciones, utilizando distintos métodos y estrategias, y valorando sus limitaciones o conveniencias de uso, o se limita a la exposición de la solución sin incluir el proceso de deducción. Se valorará también el uso que se haga del ordenador como herramienta didáctica.

**Cuestión 5.-** Se valorará positivamente que se siga un sistema de evaluación procesual que permita conocer el proceso gradual de aprendizaje y asimilación de los estudiantes en la visualización de piezas. Se valorará que se realicen controles a lo largo del curso, o se propongan actividades que posibiliten la autorregulación del alumno.

### 3.5. DISEÑOS CENTRADOS EN EL *APRENDIZAJE* LOGRADO EN LA ENSEÑANZA HABITUAL

La investigación se enmarca en un estudio de tipo cualitativo. Se ha diseñado una entrevista semiestructurada para determinar los pasos, pautas y procedimientos que siguen los alumnos cuando tienen que resolver problemas de visualización de piezas, y para detectar posibles deficiencias procedimentales en ellas (White R. y Ginstone F., 1989).

La metodología de la entrevista personal ha consistido en la presentación de tres problemas de visualización de piezas a partir de sus proyecciones diédricas que el alumno debía resolver “en voz alta” haciendo incapié en los pasos y razonamientos seguidos.

La investigación se ha realizado con un grupo de doce alumnos de 2º curso de la titulación de Ingeniería Técnica en Química Industrial. Los alumnos poseen por tanto conocimientos previos de visualización, ya que han cursado y aprobado la asignatura de primer curso de Expresión Gráfica.

El análisis de la construcción de una secuencia de pasos por parte de los estudiantes para resolver problemas de visualización se hace en base a una narración pormenorizada (McKernan, 1999), que incluye una comparación posterior de los pasos seguidos por los estudiantes con otras secuencias consideradas aceptables desde el punto de vista disciplinar o del experto.

Se les ha pedido que resuelvan en voz alta los tres ejercicios de visualización, indicando además qué parte del enunciado están analizando en cada momento y los razonamientos que están llevando a cabo (por dónde comienzan el proceso, qué orden siguen, hipótesis que se plantean, dudas que surgen, orden de trazado de la perspectiva, autocorrección de errores, etc.). Las conversaciones han sido grabadas para un análisis posterior más pausado y concienzudo, y las indicaciones gráficas se han ido apuntando en una copia del enunciado por parte del investigador, junto con observaciones que se han considerado relevantes, centrándose en mayor medida en los momentos y puntos del

proceso de resolución en los que se detectaban errores o dudas en el alumno. Las entrevistas tuvieron una duración de 30 a 60 minutos.

El análisis de datos posterior se realiza en base a un protocolo de corrección desarrollado por un lado a partir de la revisión bibliográfica en aspectos de resolución de problemas y contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas, y por otro, es, en parte, de tipo inductivo, ya que las categorías e interpretaciones de las respuestas de los entrevistados también sufren variaciones a partir de la información que se obtiene y de la comparación posterior de los pasos seguidos por los estudiantes con otras secuencias consideradas aceptables desde el punto de vista disciplinar o del experto. Se ha realizado un análisis basado en la observación de los eventos más relevantes para interpretarlos de forma iterativa y negociada (Carrascosa y Gil, 1985). Esto obliga a considerar las categorías en constante revisión.

El protocolo de corrección se ha desarrollado basándose en el modelo de resolución de problemas de visualización expuesto en el apartado 1.3., en el que se han integrado los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas, y que servirá para contrastar tras el correspondiente análisis de resultados, las consecuencias de la primera hipótesis, relativas a las deficiencias en el aprendizaje logrado con la enseñanza habitual (apartado 4.2.1).

El foco de investigación tiene un carácter exploratorio, descriptivo e interpretativo. Estas características son parte y son propias de la “investigación cualitativa” (Latorre et al., 1996).

Se exponen a continuación el proceso de elección de los tres problemas de visualización (apartado 3.5.1), el protocolo de corrección (apartado 3.5.2), y el guión de la entrevista (apartado 3.5.3).

### **3.5.1- Elección de los problemas de visualización**

Se han seleccionado tres ejercicios de visualización de piezas, de menor a mayor dificultad, aunque cada uno de ellos se ha elegido con unos objetivos concretos o porque presentaba alguna característica especial.

### 3.5.1.1- Criterios de dificultad.

De cara a elegir y ordenar los tres problemas que se van a presentar al alumno en función del nivel de dificultad que presentan, se hace necesaria la determinación de criterios de dificultad en este tipo de problemas.

Para ello se ha recurrido en primer lugar a los criterios de dificultad propuestos por Taconia y Ferguson-Hesler, para la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aunque ni la visualización de piezas, ni ninguna otra de las unidades didácticas de la asignatura de Expresión Gráfica puedan considerarse como parte de una asignatura de ciencias, consideramos que la fundamentación teórica propuesta por estos autores puede extrapolarse en gran medida a nuestro caso, y ser utilizada por tanto como punto de partida y referencia obligada para la determinación de los niveles de dificultad de la visualización de piezas.

Estos autores consideran cinco criterios a tener en cuenta en la determinación de niveles de dificultad: Complejidad, familiaridad, problema abierto o cerrado, cantidad de información incluida, y capacidades cognitivas requeridas en su resolución.

Describiremos a continuación en qué consisten cada uno de ellos, y los aplicaremos después al caso de la visualización de piezas, tratando de trasladar dichos criterios generales propuestos para los problemas de ciencias a criterios particulares propios de nuestro caso.

#### **Criterios de dificultad en la resolución de problemas de ciencias:**

1.- **Complejidad:** La complejidad de un problema depende del número de variables involucrados, el número de subproblemas que hay que resolver hasta llegar a la respuesta final, y el número de fórmulas, leyes, y principios que el alumno ha de elegir a la hora de planificar la solución.

En un extremo de la escala tendríamos el nivel más simple, que correspondería a los problemas algorítmicos, en los cuales un número reducido de valores han de ser incluidos en una fórmula conocida, y en el otro extremo, estarían problemas que requieren análisis, planificación y definición de subproblemas, y la selección de un número de leyes o principios de entre una amplia gama de ellos perteneciente a una temática, asignatura o una base de conocimientos determinada.

2.- **Familiaridad:** la familiaridad de un problema depende de la persona que debe resolver el problema. La familiaridad es función del número de capacidades que pueden ser utilizadas, y de la cantidad de interpretaciones de nuevos elementos de la situación presentes en el problema y de los procesos involucrados en el mismo. El mismo problema puede suponer un cambio de interpretación y la puesta en práctica de nuevas capacidades para un alumno, mientras que para otra persona con experiencia en ese tema su resolución resulta ser pura rutina.

3.- **Problema abierto o cerrado:** es decir, si el problema tiene una única respuesta o está abierta a una variedad de posibles soluciones.

4.- **Cantidad de información** incluida en el problema: Los problemas tradicionales contienen toda la información que se necesita para la resolución. En problemas de mayor dificultad, es necesario decidir cuál es la información necesaria para resolver el problema, y encontrar dicha información de alguna manera, por ejemplo, buscándola en una base de datos.

5.- **Capacidades cognitivas** requeridas para la resolución del problema, es decir, lo que tradicionalmente se denomina como capacidades de resolución de problemas (análisis, planificación, ejecución, y comprobación), aunque a veces también es necesaria la formulación de hipótesis y su confirmación o comprobación.

En el caso de problemas de visualización de piezas, estos criterios generales de determinación de niveles de dificultad propuestos en la resolución de problemas de ciencias no son aplicables del todo tal y como están definidos, y han de ser “traducidos” a la problemática concreta de la visualización.

### **Criterios de dificultad aplicados a la visualización:**

1.- En nuestro caso, la **complejidad** no puede determinarse en función del número de variables involucradas o el número de fórmulas necesarias para la resolución. En su lugar, proponemos los siguientes parámetros de complejidad:

- **Número de vistas** presentes en el enunciado: Un enunciado con tres vistas es en principio menos complejo que uno que sólo muestre dos, ya que la información que se da es mayor.
- **Vistas que se dan:** en general, los alumnos parecen tener más dificultades para interpretar la vista planta que la vista alzado o perfil. Posteriormente, en el análisis de dificultades se mostrará un ejemplo de este caso.
- **Contorno de los planos** que forman la pieza: un plano puede ser definido con tres o más rectas. La determinación del contorno se vuelve más compleja cuantas más rectas tengamos que interpretar.
- **Tipos de plano** presentes en la pieza: planos paralelos a los planos de proyección, perpendiculares a los mismos en pendiente, o planos oblicuos. En general, éste parece ser el orden de complejidad en la interpretación de planos que se observa en los alumnos. La visualización y trazado de los planos oblicuos destaca de entre ellas como la que mayores dificultades crea a los alumnos.
- **Correspondencia unívoca o no entre las proyecciones de las vistas:** es decir, en algunos casos encontrar la proyección correspondiente a un punto, recta o plano, en las otras vistas no es unívoca, y se presentan varias posibilidades de correspondencia que hay que discriminar de alguna manera. El **número de planos no unívocos**, y el **número de posibles planos de correspondencia**, constituirían dos parámetros de complejidad del problema.

2.- **Familiaridad:** depende del alumno. En nuestro caso, se trata fundamentalmente de si el alumno parte con conocimientos previos de visualización, o no. Es decir, quien haya cursado la asignatura de dibujo técnico antes de entrar en la universidad posee ciertos conocimientos procedimentales adquiridos mediante la resolución de problemas de visualización de piezas, y por lo tanto, le resultan más familiares que al alumno que parte de cero. En nuestro caso, la familiaridad no es función del problema elegido para

la realización de la entrevista, sino de los conocimientos previos del alumno, así que no lo utilizaremos como parámetro de dificultad para la elección de los problemas.

3.- Problema **abierto o cerrado**: casi la totalidad de los ejercicios que habitualmente se plantean en la visualización de piezas son problemas cerrados, es decir, tienen una única solución. Desde un punto de vista práctico, esto tiene su lógica, ya que la representación de piezas exige que las vistas elegidas las definan unívocamente, y si no es así, esa pieza está mal representada ya que le falta alguna información. No es posible fabricar piezas sin que los planos que las definen contengan toda la información necesaria. Sin embargo, desde un punto de vista didáctico puede resultar conveniente plantear problemas en los que falte alguna información o ésta sea errónea, con el objetivo de obligar al alumno a realizar hipótesis de posibles soluciones válidas al enunciado propuesto.

4.- **Cantidad de información** incluida en el problema: en nuestro caso, la información propuesta en los enunciados es suficiente para la resolución de los problemas. Sólo en el caso de problemas abiertos es necesario que el alumno determine mediante emisión de hipótesis y comprobación la información que falta en el enunciado.

5.- **Capacidades cognitivas** requeridas para la resolución del problema: análisis, planificación (en nuestro caso, elaboración de una *estrategia de resolución*), ejecución, y comprobación, son fases de la resolución de problemas que son requeridas (o recomendadas) para todos los ejercicios de visualización, aunque se da el caso de alumnos que sin realizar un primer análisis cualitativo y sin planificación alguna son capaces de resolver algunos problemas, siguiendo una estrategia de ensayo, ejecución y comprobación. El *planteamiento de hipótesis* es quizá la única variable que hay que aplicar necesariamente cuando se proponen problemas abiertos (pieza no totalmente definida), ya que es el alumno quien tiene que suplir la falta de definición completa de la pieza planteando posibles soluciones y confirmando las posibles hipótesis de solución planteadas.

Por tanto, a modo de resumen gráfico, se proponen en la siguiente tabla los criterios o parámetros de determinación del nivel de dificultad para los problemas de visualización de piezas, que se comentan posteriormente.

	NIVEL DE DIFICULTAD		
	BAJO	MEDIO	ALTO
COMPLEJIDAD			
número de vistas	3	2	
vistas del enunciado	alzado y perfil	alzado y planta	
contorno de los planos	3 rectas	numero de rectas elevado	
tipos de plano	paralelos a p.p	perpendiculares a p.p.	oblicuos
nº de planos no unívocos	todos unívocos	alguno no unívoco	varios no unívocos
nº de posibles correspondencias		dos	más de dos
FAMILIARIDAD	conocimientos previos SI		conocimientos previos NO
PROBLEMA ABIERTO O CERRADO	cerrado		abierto
CANTIDAD DE INFORMACIÓN	enunciado completo		falta información
CAPACIDADES COGNITIVAS	ejecución, comprobación	análisis, planificación	emisión de hipótesis

Se han utilizado como referencia tres niveles de dificultad para cada criterio de valoración, bajo, medio y alto, y se han clasificado los distintos casos. Es necesario comentar que al realizar dicha clasificación se sigue un criterio general basado en la propia experiencia del docente y en las opiniones de otros dos expertos consultados, por lo que no pretendemos proponer dicha tabla como algo indiscutible e invariable. Habrá casos y problemas concretos en los que la línea divisoria entre niveles de dificultad no sea nítido, y por tanto, la clasificación propuesta puede ser susceptible de sufrir modificaciones.

Tampoco pueden considerarse como casos equiparables aquellos que están situados en la misma columna de nivel de dificultad. Por ejemplo, hemos situado los planos oblicuos como el caso de nivel alto en el criterio de tipos de plano, pero la falta de información en el enunciado, o la necesidad de emitir hipótesis constituye en general, un caso de dificultad mucho mayor que la existencia de un plano oblicuo en la pieza, aunque se hayan situado en la misma columna.

La elaboración de un cuadro de determinación de niveles de dificultad que abarcara todas las piezas posibles, todos los casos, y tuviera en cuenta todas las posibles combinaciones entre ellas para categorizar el nivel de dificultad “exacto” de una pieza concreta sería demasiado laborioso, y probablemente, aún así, discutible. Nuestra intención por tanto, no es otra que la de ofrecer unos criterios generales que sirvan de

referencia para la determinación de niveles de dificultad en los problemas de visualización de cara a la elección de aquellas piezas que se van a plantear en las entrevistas a los alumnos.

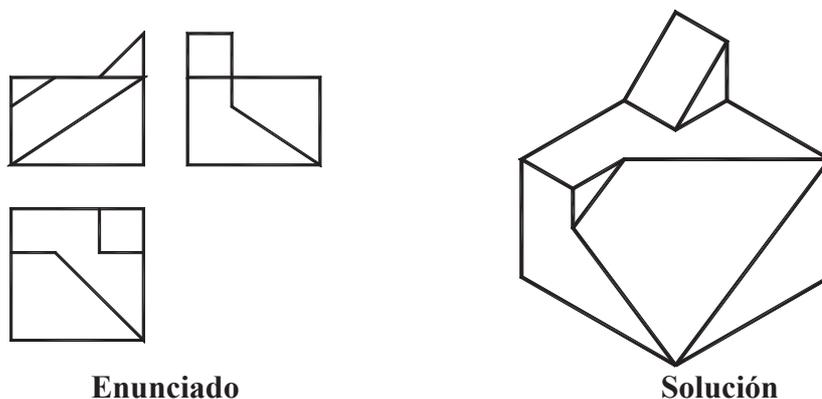
**DOCUMENTO 3 – Cuestionario semiestructurado de tres problemas de visualización de nivel de dificultad gradual.**

3.5.1.2.- Características, niveles de dificultad, y objetivos particulares de los problemas.

Como *objetivos generales* comunes a los tres problemas seleccionados para las entrevistas, además de elegir piezas que van creciendo en nivel de dificultad, para determinar posibles *deficiencias* y el *nivel de conocimiento* de los alumnos (consecuencias contrastables B1, B2 y B3), se plantean además el objetivo de detectar si el alumno conoce o utiliza distintos *métodos o estrategias de resolución* de los problemas (B4).

Para comprender mejor la elección de cada pieza elegida, se muestran a continuación las vistas que constituyen el enunciado del problema, y su solución en perspectiva, tras lo cual se realiza un análisis de cada una de ellas, comentando sus *características* desde un punto de vista cualitativo y los aspectos que se tendrán en cuenta como *protocolos de corrección*, su *nivel de dificultad* en función de los criterios expuestos anteriormente, y los *objetivos particulares* planteados por las que han sido elegidas. Se señalan entre paréntesis las consecuencias contrastables de la primera hipótesis expuestos en el apartado 3.3 con los que están ligadas.

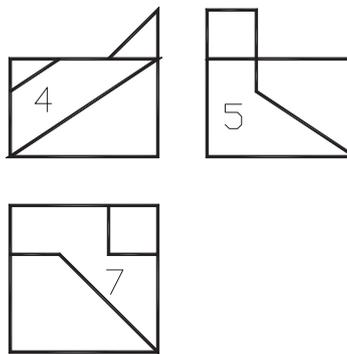
**Pieza 1.**



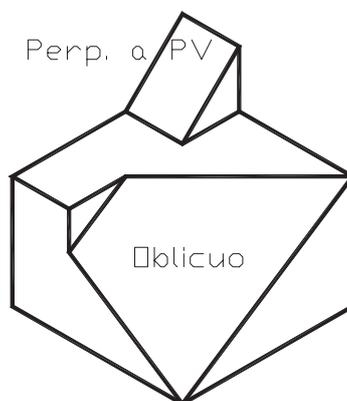
Características y aspectos a tener en cuenta en el protocolo de corrección:

En el enunciado se muestran *tres vistas*. Es el único problema de los tres del cuestionario en el que se dan las tres proyecciones. En este caso se pretende analizar si los alumnos utilizan toda la información suministrada, o si dominan mejor alguna de las vistas, e incluso, determinar el orden de análisis de la información, y su capacidad de discriminar entre los posibles planos que pueden dar lugar a esas proyecciones (B4.1).

Destacan por el número de líneas de *contorno* tres planos en particular, el oblicuo, y dos más que tienen 5 y 7 líneas de contorno (B4.1).



En cuanto a los *tipos de plano* que la componen, son todos paralelos a los planos de proyección (planos frontales, horizontales o de perfil), a excepción de un plano perpendicular a un plano de proyección, y un único plano oblicuo (B1).



Todas las proyecciones de los planos tienen su correspondencia en las otras vistas de manera *unívoca* (B1 y B3). Por esta característica, en este caso, podría resolverse el problema sin realizar siquiera un análisis cualitativo del mismo o una planificación determinada, comenzando su resolución por cualquiera de los planos.

Sin embargo, desde un punto de vista volumétrico esta pieza puede *disgregarse en dos* piezas más sencillas (B2), en dos volúmenes o partes en que esta compuesta, para ser analizada cada una de ellas independientemente. La parte superior se asemeja a una “cuña”, y la inferior a un “prisma rectangular”. Una de las razones por las que se ha elegido esta pieza es que nos da la posibilidad de comprobar si el alumno descompone el problema en dos subproblemas o no, es decir, si en este caso, realiza un análisis cualitativo (B4.1) y toma la decisión de resolver las dos partes independientemente.

Nivel de dificultad:

Por sus características particulares podríamos clasificar esta pieza según los criterios de dificultad expuestos anteriormente como de nivel de visualización *sencillo*.

	NIVEL DE DIFICULTAD		
	BAJO	MEDIO	ALTO
<b>COMPLEJIDAD</b>			
número de vistas	3		
vistas del enunciado	alzado, planta y perfil		
contorno de los planos		1 plano de 5 rectas, y otro de 7	
tipos de plano	7 planos paralelos a p.p	1 plano perpendicular a p.p.	1 plano oblicuo
número de planos no unívocos	todos unívocos		
número de posibles correspondencias	todos unívocos		
<b>FAMILIARIDAD</b>	conocimientos previos SI		
<b>PROBLEMA ABIERTO O CERRADO</b>	cerrado		
<b>CANTIDAD DE INFORMACION</b>	enunciado completo		
<b>CAPACIDADES COGNITIVAS</b>	ejecución, comprobación	análisis, planificación	

Prácticamente la única “dificultad” reseñable sería que la pieza tiene un plano oblicuo, lo cual puede suponer una pequeña dificultad sólo para aquellos alumnos que tienen dificultades para visualizar o imaginarse este tipo de planos. Por lo demás, al ser unívocas todas las correspondencias entre proyecciones de planos, quienes dominen las

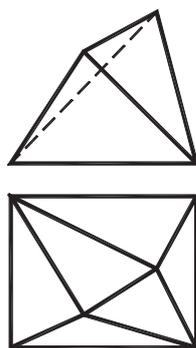
condiciones de correspondencia no deberían tener ningún problema en resolver este ejercicio.

Objetivos particulares:

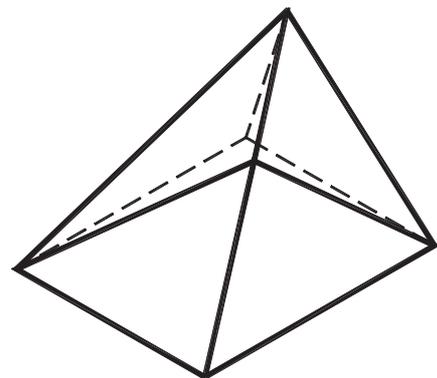
El objetivo fundamental de este problema es analizar *la estrategia de análisis de la información* suministrada cuando se dan tres vistas de una pieza. Concretamente:

- determinar si utilizan toda la información suministrada, o si prescinden de la información de alguna de las vistas (B4.1).
- detectar si los alumnos dominan mejor alguna de las vistas o si muestran dificultades de análisis en alguna de ellas (B1 y B4.1).
- determinar el orden de análisis de las vistas al realizar la correspondencia de proyecciones, y si utilizan la vista principal o alzado como punto de partida para el análisis del enunciado (B4.1).
- determinar si realizan correctamente la correspondencia entre proyecciones (B3).
- comprobar si disgregan la pieza en las dos partes o volúmenes elementales en que está compuesta (B2).

**Pieza 2.**



**Enunciado**



**Solución**

Características y aspectos a tener en cuenta en el protocolo de corrección:

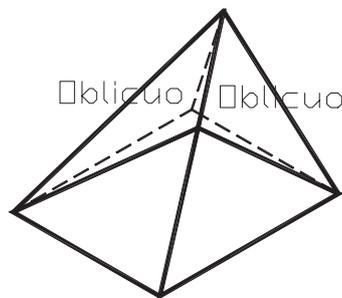
Se dan *dos vistas*, el alzado y la planta de una pieza. Al prescindir de la vista de perfil, la resolución del problema puede complicarse para aquellos alumnos que no dominen suficientemente las proyecciones en todas las vistas, y más concretamente la correspondiente a la vista planta (B1 y B4.1).

A excepción de la base, el resto de planos son triangulares, por lo que el número de lados del *contorno* de los planos no puede ser utilizado como información para discriminar entre las distintas posibilidades de correspondencia, característica que puede “despistar” a alumnos con deficiencias en la correspondencia de planos (B3).

Esta pieza está formada sobre todo por *planos perpendiculares* a un plano de proyección y por *planos oblicuos*, tipos de plano que resultan más difíciles de identificar por parte de algunos alumnos (B1), y en el caso de los planos oblicuos los alumnos muestran además dificultades de trazado de esos planos en perspectiva (B4.3) (deficiencias que mostraremos posteriormente al analizar las entrevistas realizadas).

Tipos de plano presentes:

- paralelo a algún plano de proyección: un plano horizontal (la base).
- perpendicular a algún plano de proyección: dos planos perpendiculares al plano de proyección frontal, y otros dos al plano de perfil.
- planos oblicuos: 2 planos oblicuos.



Todas las proyecciones de los planos tienen su correspondencia en las otras vistas de manera *unívoca* (B3). También en este caso, podría resolverse el problema sin realizar un análisis cualitativo del mismo o una planificación determinada (B4.1).

Sin embargo, tiene como característica particular la existencia de *dos vértices salientes* en los cuales convergen la mayoría de planos. La correcta traslación de estos dos puntos a la perspectiva es fundamental para el trazado de la pieza (B4.3). La mejor manera de resolver el problema consistiría en este caso en situar en primer lugar esos dos puntos en la perspectiva, para que sirvan de referencia en el trazado del resto de puntos de la pieza y de las rectas que convergen en ellas. Es decir, en este caso concreto, aunque la metodología general de ir haciendo la correspondencia entre planos puede igualmente llevarnos a la solución correcta, un análisis cualitativo del problema tendría en cuenta y valoraría la posibilidad de recurrir a este método de resolución (B2). La comprobación de si los alumnos siguen o no esta estrategia de resolución es por tanto uno de los objetivos por los que se plantea esta pieza.

Por último, en la vista alzado se puede observar que hay dos *planos ocultos*. En el análisis de las entrevistas se tratará de determinar si hay alumnos que evitan o dejan para el final el análisis de esos planos (B4.1).

Nivel de dificultad:

Por sus características particulares podríamos clasificar esta pieza según los criterios de dificultad expuestos anteriormente como de nivel de visualización *medio*.

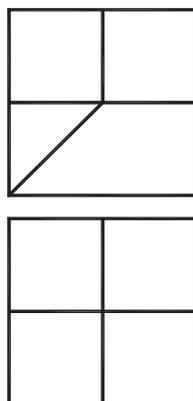
	NIVEL DE DIFICULTAD		
	BAJO	MEDIO	ALTO
COMPLEJIDAD			
número de vistas		2	
vistas del enunciado		alzado y planta	
contorno de los planos		todos triangulares	
tipos de plano	1 plano paralelo a p.p	4 planos perpendiculares a p.p.	2 planos oblicuos
número de planos no unívocos	todos unívocos		
número de posibles correspondencias	todos unívocos		
FAMILIARIDAD	conocimientos previos SI		
PROBLEMA ABIERTO O CERRADO	cerrado		
CANTIDAD DE INFORMACIÓN	enunciado completo		
CAPACIDADES COGNITIVAS	ejecución, comprobación	análisis, planificación	

Objetivos particulares:

Por tanto, a modo de resumen se plantean los siguientes objetivos particulares para las características de esta pieza:

- detectar si el alumno muestra dificultades de interpretación de la vista planta (B1 y B4.1).
- determinar si el alumno identifica correctamente los planos perpendiculares a un plano de proyección y los planos oblicuos, o muestra deficiencias en su visualización y trazado (B1 y B4.3).
- determinar si ante la existencia de vértices salientes, éstos se utilizan como referencia para la resolución del problema y el trazado de la pieza (B2, B4.1 y B4.3).
- analizar cómo utiliza el alumno la información correspondiente a planos o rectas ocultas (B4.1).

**Pieza 3.**

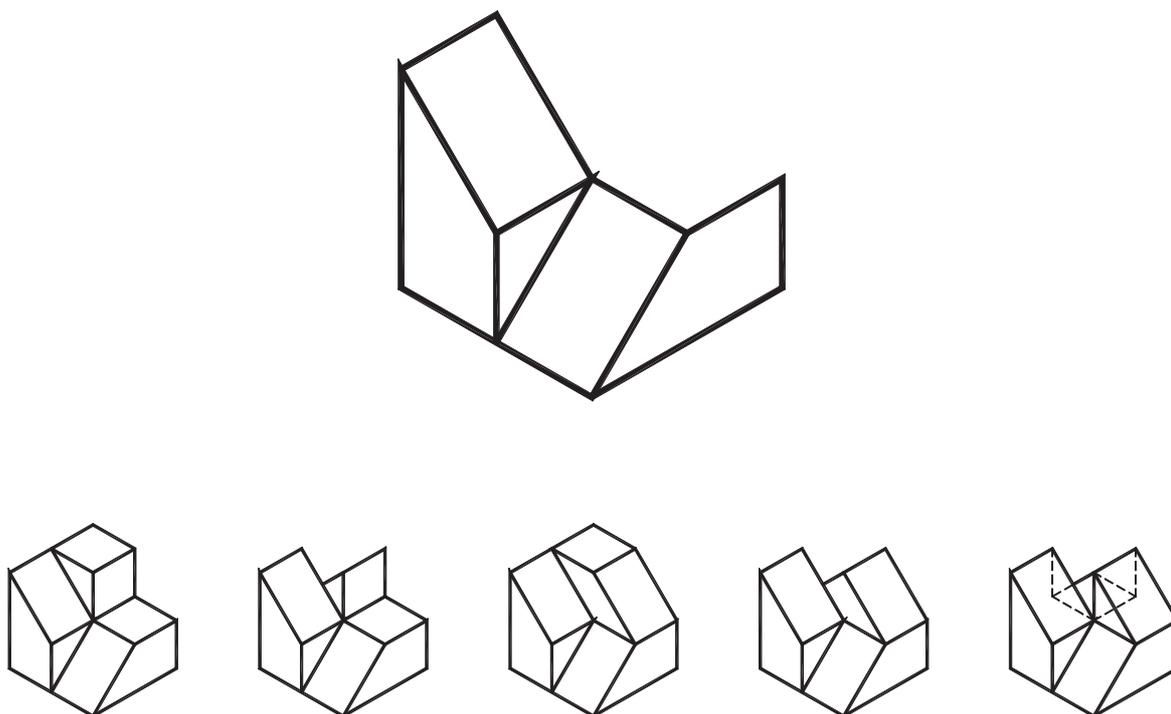


Características y aspectos a tener en cuenta en el protocolo de corrección:

Se dan *dos vistas*, la vista alzado y planta de la pieza. La vista de planta está formada por cuatro cuadrados iguales, lo cual no da ninguna información significativa sobre la orientación de esos planos entre sí. Es un enunciado en el que en una primera aproximación no obtenemos demasiada información sobre la forma de la pieza, solamente vemos que se asemeja a un cubo (B4.1).

En cuanto a la forma del *contorno* de las proyecciones, la mayoría de ellas son cuadradas, a excepción de una triangular y otra en forma de trapecio. Al igual que en la pieza número dos, esta característica puede “despistar” a alumnos con deficiencias en la correspondencia de planos.

Hay una parte de la pieza que es unívoca, y otra en la que combinando distintas orientaciones y tipos de planos, obtenemos *más de una solución* correcta. En cualquier caso, ninguno de esos planos es oblicuo.



Es una pieza que con las dos vistas que se dan en el enunciado resulta tener más de una solución, es decir, con este enunciado *la pieza no está definida unívocamente*, sino que existe más de una solución posible. Por esta característica, al intentar corresponder la proyección de un plano con otra proyección en la otra vista, en algunos casos no se puede discriminar a priori ninguna posibilidad con la información suministrada por las dos vistas, y se abre más de un camino de resolución. Es decir, de las posibles soluciones, hay que elegir una y seguir con el proceso de correspondencia hasta que obtengamos una solución posible. Si no es así, habrá que elegir otra opción hasta encontrar la correcta.

Cuando el alumno llegue a este punto del proceso en el que no encuentra un único plano de correspondencia posible, es posible que se quede “atascado” sin intentar seguir ninguno de los posibles caminos de resolución, o que no se planteen todas las posibilidades. Si la hipótesis planteada no ha sido la correcta, descubrirá posteriormente que da lugar a una solución imposible.

Este ejercicio trata de medir la capacidad del alumno de plantearse más de una solución, es decir, la capacidad de plantearse los distintos tipos de plano y sus orientaciones, que pueden dar lugar a la proyección del plano que se está tratando de identificar y hacer corresponder en la otra vista (B1, B2, B4.2).

Existen tres planos con correspondencias no unívocas, en el que el número máximo de posibles correspondencias es de tres (B3).

Se trata por tanto de un *problema abierto*, en el que *falta información* en el enunciado, información que tendrá que aportar el alumno mediante la *emisión de hipótesis* de posibles tipos de plano y orientaciones que pueden dar lugar a una proyección (B4.2), y su comprobación mediante la correcta discriminación de posibilidades.

Es necesario comentar también que dependiendo de cuál es el primer plano por el cual se comience el proceso de correspondencia entre vistas, la resolución del problema se vuelve más o menos complejo (B4.1).

Si por ejemplo se comienza por el plano que está situado a altura cero y tiene una forma especial (trapezoidal) en comparación con el resto de planos, nos encontramos con un plano de correspondencia unívoca.

Si se comienza por otro plano (por ejemplo, el cuadrado superior izquierdo del alzado), con la información suministrada por las dos vistas no es posible discriminar su proyección correspondiente en la planta directamente de entre las posibilidades que se pueden plantear (podrían ser los dos cuadrados de la parte izquierda, o las dos líneas inferiores si se tratara de un plano frontal). En ese caso es necesario elegir una de las posibilidades, y tratar de llegar al final del proceso de correspondencia esperando que la

solución que se obtenga sea correcta. Si no lo es, hay que volver a empezar con otra opción, con lo que el proceso de resolución puede complicarse bastante.

Dicho de otra manera, para resolver ese problema, hay que elaborar *una estrategia de resolución* idónea. Si la estrategia de resolución seguida consiste en definir en primer lugar todos los planos de correspondencia unívoca, las posibles soluciones para el resto de planos quedan acotadas en un número menor de posibilidades, y se llega antes a determinar todas las respuestas correctas (B2).

Nivel de dificultad:

	NIVEL DE DIFICULTAD		
	BAJO	MEDIO	ALTO
COMPLEJIDAD			
número de vistas		2	
vistas del enunciado		alzado y planta	
contorno de los planos		mayoría de 4 lados	
tipos de plano	paralelos a p.p	perpendiculares a p.p.	
número de planos no unívocos			varios no unívocos
número de posibles correspondencias			más de dos
FAMILIARIDAD	conocimientos previos SI		
PROBLEMA ABIERTO O CERRADO			abierto
CANTIDAD DE INFORMACIÓN			falta información
CAPACIDADES COGNITIVAS	ejecución, comprobación	análisis, planificación	emisión de hipótesis

Podríamos clasificar esta pieza según los criterios de dificultad expuestos anteriormente como de nivel de visualización *alto*.

Objetivos particulares:

Se plantean los siguientes objetivos particulares dadas las características de este problema:

- analizar la capacidad del alumno de *emitir hipótesis* de posibles tipos de plano y orientaciones que pueden dar lugar a la proyección del plano que se está tratando de identificar y hacer corresponder en la otra vista (B1, B4.2).
- determinar si el alumno domina la correcta *discriminación de posibilidades* (B3).
- medir la capacidad del alumno de obtener más de una solución correcta cuando se enfrenta a un problema abierto (B4.2).

- analizar la elaboración de *estrategias de resolución* (B2, B4.1).

### **3.5.2- Protocolo de corrección de los problemas de visualización**

El protocolo de corrección se ha desarrollado basándose en el modelo de resolución de problemas de visualización expuesto en el apartado 1.3., en el que se han integrado los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas, y que servirá para contrastar tras el correspondiente análisis de resultados, las consecuencias de la primera hipótesis, relativas a las deficiencias en el aprendizaje logrado con la enseñanza habitual (apartado 4.2.).

Se ha seguido el mismo protocolo de corrección para los tres problemas resueltos por los estudiantes en las entrevistas realizadas, aunque, como se observará en el análisis de resultados (apartado 4.2.1.), dadas las características particulares de cada uno de los problemas, las categorías de respuesta varían a veces de un problema a otro.

Se expone a continuación el citado protocolo de corrección que incluye todos los aspectos a valorar señalados en el apartado anterior (3.5.1) para cada uno de los problemas planteados. Se señalan entre paréntesis las consecuencias contrastables de la primera hipótesis expuestas en el apartado 3.3. con los que están ligados.

#### **A-Análisis cualitativo (B4, B4.1)**

El análisis cualitativo de un problema lleva implícito la necesidad de una *lectura razonada* del problema, *interpretación y análisis cuidadoso de los datos y de las incógnitas, identificación y análisis de variables, simplificación del problema* para poder abordarlo, etc.

En el protocolo de corrección de los problemas de visualización tendremos en cuenta, por un lado, cuáles son las variables analizadas, y por otro, la estrategia de análisis que se haya seguido (B4.1).

#### **A.1. Análisis de variables:**

### A.1. 1. Análisis del volumen:

Se trata de determinar si el estudiante trata de definir en una primera aproximación global el volumen ocupado por la pieza (A.1.1.1), o si trata de descomponerla en formas primitivas geométricas en las que pueda estar compuesta (análisis de sólidos, A.1.1.2).

A.1.1.1 Volumen total ocupado.

A.1.1.2 Análisis de sólidos.

### A.1.2. Análisis de las superficies:

Se trata de determinar cómo analiza el entrevistado las *proyecciones de las superficies* (sean áreas definidas por un contorno de aristas, o líneas), determinando si se presta atención a variables como la *forma, configuración de las aristas (paralelismos), visibilidad, etc.* (B3). El análisis de estas variables servirá para identificar los *tipos de plano* presentes en la pieza (paralelos, perpendiculares, u oblicuos) (B1), y su posición.

### A.1.3. Análisis de vértices:

Se analizará si se presta atención a la existencia de vértices salientes, y vértices definidos unívocamente que pudieran servir de referencia en la resolución del problema, y si se recurre a la rotulación de los mismos.

## **A.2. Estrategias de análisis de la información:**

### A.2.1. Disgregación

Determinar, cuando sea posible, si se descompone la pieza en partes elementales para su análisis independiente. La disgregación sería una estrategia elegida en el caso de que en el análisis del volumen de la pieza (A.1.1) se observara que ésta está formada por sólidos geométricos elementales (A.1.1.2).

### A.2.2. Orden de análisis de las vistas

Se valorará si se comienza el análisis en la vista alzado, vista que constituye la vista principal de la pieza, y que ofrece en principio más información sobre la pieza que el resto de vistas.

Se analizará el orden seguido con las siguientes vistas, es decir, cual es la vista analizada después del alzado.

Se tratará de determinar asimismo si se presentan dificultades o deficiencias de interpretación de alguna de las vistas.

#### A.2.3. Secuencia de análisis de los elementos de la pieza.

Es decir, por dónde se comienza el análisis de las proyecciones, y el orden seguido, siguiendo una estrategia determinada, o no.

#### A.2.4. Nivel de análisis o tipo de elemento analizado (plano, recta o punto).

Se valorará si el estudiante tiende a realizar el análisis del enunciado centrándose fundamentalmente en el análisis de superficies, tratando de identificar los tipos de plano presentes en el mismo, o más bien a nivel de rectas y puntos.

### **B-Emisión de hipótesis (B4.2)**

A partir del análisis cualitativo se emiten hipótesis que van a permitir focalizar y orientar la resolución, indicando los parámetros y variables a tener en cuenta.

Se valorará si se emiten hipótesis coherentes con el análisis cualitativo realizado, y si se plantean todas las posibilidades de acuerdo con la clasificación de los distintos tipos de plano con los que nos podemos encontrar en las piezas (paralelos, perpendiculares u oblicuos a los planos de proyección) (B1).

### **C-Estrategias de resolución (B2)**

Se trata de determinar los distintos métodos o estrategias de resolución que pueden seguirse, y su viabilidad, es decir, si consiguen llegar con ellos al final del proceso de resolución correctamente.

Se analizarán asimismo los errores cometidos en el proceso como consecuencia de posibles deficiencias conceptuales o procedimentales (B1, B2, B3 y B4.2).

Los métodos y estrategias analizados serán:

C1. Modelado: Método de eliminación de volúmenes y composición de sólidos.

C2. Método de los cortes o de Eckhart.

C3. Método de correspondencia de proyecciones entre vistas (B1).

C4. Método de ensayo y error mediante emisión de hipótesis (B4.2) de posibles tipos de plano (B1).

### **D.-Resolución**

Se valorará si se resuelve o no literalmente hasta el final, aplicando correctamente los principios conocidos (B1, B2, y B3) y representando gráficamente el resultado en perspectiva (B4.3).

Se analizará el proceso de trazado seguido, valorando si se utilizan elementos de ayuda para la delineación, como el prisma envolvente, o la utilización de puntos de referencia, y si se trasladan correctamente las dimensiones de las vistas a la perspectiva (B4.3).

La secuencia de trazado seguida también será analizada, valorando si es la misma secuencia que la seguida para el análisis del enunciado, o se sigue alguna secuencia particular de trazado.

D1. Trazado del prisma envolvente.

D2. Utilización de puntos de referencia.

D3. Traslación de dimensiones de las vistas a la perspectiva.

D4. Método de Eckhart.

D5. Secuencia de trazado.

### **E-Análisis de resultados**

Se valorará si el estudiante analiza los resultados y su coherencia con el enunciado propuesto.

#### **3.5.3.- Guión de la entrevista.**

Uno de los problemas más importantes a la hora de realizar una entrevista es conseguir que el alumno verbalice y exprese con claridad todo aquello que está pensando. Teniendo en cuenta además, que la resolución de nuestros problemas es de tipo gráfico, y que ni en los ejercicios realizados en el aula ni en los exámenes se recurre normalmente a explicaciones de tipo texto, resulta ser una tarea más difícil de conseguir en nuestro caso.

Para conseguirlo se elaboró un guión de la entrevista, común para todos los problemas y estudiantes entrevistados, que contenía los siguientes puntos y objetivos:

1.- Se expone al alumno el **objetivo** de la entrevista

“El objetivo de esta entrevista es determinar los pasos, razonamientos o métodos que sigues (si sigues alguna metodología en particular) cuando resuelves problemas de visualización. Nos interesa saber todo lo que piensas cuando estás resolviendo el problema.”

“Luego, analizaremos lo que hayas hecho, y trataremos de extraer procedimientos que utilizas y que puedan servir de ayuda a aquellos alumnos que no las conozcan. “

2.- Se intenta crear una *atmósfera relajada* para que el alumno exprese todas sus ideas sin miedo, en un ambiente de confianza, sin cortapisas, tratando de evitar que se vea coartado por alguna razón.

Las entrevistas serán grabadas, pero teniendo en cuenta que esa circunstancia puede hacer que algunos alumnos se “corten”, no se les dirá que lo estamos haciendo. Sólo en caso de que vean la grabadora, y dependiendo de la reacción, se les tranquilizará diciendo que sólo se utilizará la

información para escucharla nuevamente, caso de tener que volver a ser analizada posteriormente en mayor profundidad.

“Es posible que te cueste un poco el expresar lo que estés pensando ya que normalmente en nuestra asignatura no lo solemos hacer, tendemos más bien a dibujar directamente sin decir lo que estamos pensando. Pero en realidad, cuando se resuelve un problema aparecen muchos pensamientos, cuestiones, planteamientos, dudas, etc. Intenta verbalizar todo lo que piensas, y no tengas miedo, no te cortes.”

“Habla como lo haces normalmente. No importa el cómo te expreses, me basta con entender la idea que tratas de expresar.”

“Tampoco te preocupes si en algún momento te surgen dudas y te quedas atascado. Si te sucede, ya trataremos de analizar después el porqué. No nos importa tanto el que termines o no el problema, sino conocer el proceso de razonamiento que has seguido, y si no llegas el final, tratar de encontrar la razón.”

3.- En principio se dejará que el alumno hable sin ser interrumpido, para que la entrevista sea más *espontánea*, y evitar cortar el proceso de deducción que esté llevando a cabo, o dirigirlo en alguna dirección. Sólo se le interrumpirá si realiza pasos sin explicarlos, o si no se ha entendido alguna parte fundamental del proceso.

El entrevistador irá anotando los pasos seguidos, gráfica y textualmente, con indicaciones en aquellos puntos que crea conveniente volver a tratar posteriormente en forma de pregunta.

Se anotará el tiempo de duración de la entrevista, pero no se pondrá un límite al mismo.

“Dejaré que hables libremente, sin interrumpirte, sólo te cortaré si haces algo sin explicarlo o si hay algo que haces que no he entendido. Yo iré anotando lo que haces, y luego, si lo veo necesario, te preguntaré sobre alguno de los pasos que hayas hecho que crea interesante volver a tratar.”

“¿está todo claro?... Si te parece, empezamos.”

4.- Se presenta el primer problema, y se insiste en que se indique qué parte del enunciado se está analizando, y lo que se está pensando.

“Este es el primer ejercicio: se trata de que a partir de las tres vistas de una pieza, deduzcas cómo es, y la dibujes en perspectiva.”

“Trata de indicarme qué estás analizando en cada momento..., punto, recta o plano..., en cual de las vistas estás..., qué estás pensando, y lo que vas a hacer.”

5.- Una vez que el alumno da por terminado el ejercicio, o no puede seguir en la resolución, se reflexiona sobre lo realizado, y se hace un análisis conjunto sobre los pasos seguidos.

El entrevistador comprobará si se han cumplido los objetivos generales de la entrevista, y los particulares de cada pieza, y realizará las preguntas que considere pertinentes en cada caso.

6.- Se repiten los pasos 4 y 5 con los dos problemas restantes.

En algunos casos, finalizada la resolución de los tres problemas, y si se observa la utilización de distintos métodos de resolución, se preguntará al alumno en qué casos utiliza cada uno de ellos, o por qué ha cambiado de estrategia.

## Capítulo 4.

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LA CONTRASTACIÓN EXPERIMENTAL DE LA PRIMERA HIPÓTESIS.

En este capítulo se presentan y analizan los resultados de la experimentación realizada a partir de los diseños elaborados para la contrastación de la primera hipótesis. Como se recordará la contrastación de esta hipótesis se ha explicitado mediante un abordaje experimental múltiple que se ha concretado desde dos perspectivas:

- Un análisis de la *enseñanza* habitual de la visualización de piezas que engloba la presentación de la misma en los *libros de texto*, y el tratamiento didáctico seguido por los *profesores* en su docencia en el aula.
- Un análisis del *aprendizaje* logrado por los *estudiantes* en la enseñanza habitual de la visualización de piezas.

Los criterios seguidos en la elaboración de los diseños experimentales han sido descritos en el capítulo 3, en el que se concretaron las consecuencias contrastables de la primera hipótesis (apartados 3.2 y 3.3) y se presentaron los instrumentos para contrastarlas. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

#### 4.1. RESULTADOS CENTRADOS EN EL ANÁLISIS CRÍTICO DE LA ENSEÑANZA HABITUAL.

El diseño experimental que se elaboró para contrastar la primera hipótesis incluye el análisis de la organización, contenidos y actividades propuestas en los libros de texto relativas a la visualización de piezas (apartado 4.1.1) y el análisis de las programaciones, estrategias didácticas y formas de evaluación utilizados por el profesorado (apartado 4.1.2). Se exponen a continuación los resultados para mostrar en qué grado éstos confirman las consecuencias que se avanzaron al desarrollar la primera hipótesis.

#### **4.1.1 Resultados del análisis de la organización, contenidos, y actividades propuestas en los *libros de texto* relativas a la visualización de piezas.**

Los libros de texto analizados han sido seleccionados a partir de la bibliografía recomendada en las guías docentes del profesorado y tras una búsqueda temática en la biblioteca de la Universidad del País Vasco. Se ha llevado a cabo una selección variada que incluyera libros de texto de autores de diversos países (EE.UU., Alemania, Italia, Unión Soviética, etc.), intentando encontrar de esta manera distintas formas de tratamiento didáctico de la visualización de piezas. Se han incluido en esta selección algunas publicaciones de servicios editoriales de distintas universidades del Estado que utiliza el profesorado como el libro de texto habitual en sus clases. Por último, se han analizado algunos cuadernillos de unidades didácticas dedicadas a la visualización y que incluyen colecciones de problemas. En el anexo I se presenta la relación completa de los mismos.

Los libros han sido analizados siguiendo el estadillo y los criterios de valoración comentados en el Documento 1 (apartado 3.4.1.). La Tabla 4.1 muestra para cada uno de los textos la valoración en cada ítem. Una valoración **S** significa “Satisfactorio”, es decir, que toma en consideración la respuesta del ítem y la explica suficientemente, una valoración **R** significa que “hace referencia” o menciona la propuesta del ítem, pero sin explicarla o tratarla convenientemente, y una valoración **N** significa que “no menciona” o no hace referencia a la cuestión planteada.

A continuación se muestran ejemplos de distintas formas de abordar la visualización en los libros de texto, para seguidamente, realizar comentarios y valoraciones más detalladas de los resultados obtenidos.

**Tabla 4.1. Resultados obtenidos en el análisis de libros de texto.**

Libros de texto		Cuestiones							
		1	2	3	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3
1	Bertoline, Wiebe, Miller, Mohler (1999)	S	S	S	N	R	R	N	S
2	Bachmann, Forgerg (1959)	N	N	N	N	N	N	N	N
3	Bogoliubov (1985)	R	R	R	N	R	N	N	N
4	Conde, González, Mira (1979)	R	N	N	N	N	N	N	N
5	Dieguez (1993)	N	N	N	N	N	N	N	N
6	Equipo técnico Edebe (1977)	N	N	N	N	N	N	N	N
7	Félez, Martínez, Cabanellas, Carretero (1996)	N	N	N	N	N	N	N	R
8	French y Vierck (1954)	S	S	R	N	N	N	N	N
9	Giesecke, Mitchel, Spencer, Hill (1979)	S	S	S	N	N	N	N	N
10	Giesecke, Mitchel, Spencer, Hill, Loving (1989)	S	S	S	N	N	N	N	N
11	Giménez, Ena, Laguna (1987)	N	N	N	N	N	N	N	N
12	Hidalgo (1975)	N	N	N	N	N	N	N	N
13	Jensen (1981)	N	N	R	N	R	N	N	N
14	Jensen, Mason (1991)	N	N	R	N	R	N	N	N
15	Ladero, Fernández, Ladero (1992)	R	R	N	S	R	N	N	N
16	Luzzader, Duff (1986)	S	S	R	N	N	N	N	S
17	Maguire, Simmons (1989)	N	N	N	N	N	N	N	R
18	Mata, Alvarez, Vidondo (1975)	R	R	R	R	R	N	N	N
19	Mata, Oms, Alvarez (1978)	N	N	N	N	N	N	N	N
20	Pacetti (1985)	N	N	N	N	N	N	N	N
21	Pérez, Palacios (1998)	N	N	N	N	N	N	N	N
22	Rodríguez de Abajo, Alvarez (1984)	N	N	N	N	N	N	N	N
23	Sanjuan (1977)	R	R	R	N	N	N	N	N
24	Schneider, Sappert (1975)	N	N	N	N	N	N	N	N
25	Senabre (1989)	N	N	N	N	N	N	N	N
26	Spencer (1973)	R	R	N	N	N	N	N	N
27	Straneo, Consorti (1965)	R	N	N	N	N	N	N	N
28	Urraza, Berriochoa, Garcia (1999)	N	N	N	N	N	N	N	N
29	Vishnepolski (1984)	R	R	R	N	N	N	N	N
<b>Cuadernillos de unidades didácticas, o colecciones de problemas</b>									
30	Alvarez (1986)	R	N	R	R	N	N	N	N
31	Gonzalo (1994)	R	R	N	N	N	N	N	N
32	Pérez, Serrano (1998)	S	S	R	R	R	N	N	N
33	Revilla (1984)	N	N	N	N	N	N	N	N
<b>Cuestiones</b>									
1.- Toma en consideración el nivel de partida y las dificultades de los estudiantes. 2.- Justifica racionalmente la introducción de conceptos y/o procedimientos de visualización. 3.- Propone la utilización de los nuevos conocimientos en una diversidad de situaciones. 4.1.- Se indican los objetivos a evaluar. 4.2.- Se proponen actividades de autorregulación. 5.1.- Utiliza el ordenador como herramienta de EAO. 5.2.- Incluye software para que el alumno realice las actividades propuestas. 5.3.- Propone el uso del ordenador como herramienta de CAD.									

### **Comentarios generales sobre formas de abordar la visualización.**

La valoración de los libros de texto se ha realizado fundamentalmente desde el punto de vista didáctico, y no tanto desde el punto de vista técnico sobre los contenidos presentados o el nivel de dificultad de los problemas planteados. En este sentido, algunos de los libros analizados parecen haber sido concebidos como tratados o documentos que recogen información técnica seleccionada a partir de las normativas existentes sobre dibujo técnico o de aplicación en la ingeniería. Es decir, se han concebido fundamentalmente como documentos de consulta sobre normas técnicas, y no como documentos diseñados y desarrollados desde un punto de vista didáctico o pedagógico que pretendan conseguir el aprendizaje autodidacta del lector sin ayuda del profesor.

Así, se puede leer en el prólogo de uno de los libros analizados (Schneider, 1975): *“A causa del poco tiempo de que disponen los alumnos de las escuelas técnicas de trabajo y los estudiantes de las técnicas y superiores para dedicarlo a su formación en el campo del dibujo técnico, sirve la obra como manual de consulta y libro de estudio. He puesto empeño en emplear las más recientes normas de dibujo y la forma moderna de dibujar, dejando a un lado modos antiguos de representación y normas ya superadas.”*

Quizás por ello, los resultados obtenidos en la mayoría de los ítems no son satisfactorios. También conviene resaltar que únicamente se ha analizado la parte correspondiente a la visualización de piezas, pudiendo darse el caso de libros que cuentan con unidades didácticas muy bien desarrolladas, pero que no cumplen las mismas condiciones para la unidad didáctica de visualización de piezas.

Antes de proceder a comentar los resultados obtenidos para cada ítem, se presentan cuatro formas de tratamiento de la visualización que se han encontrado en la revisión bibliográfica, que reflejan las distintas maneras en que se ha abordado este tema:

Es de destacar que aproximadamente en el 50% de los libros analizados, no se hace referencia alguna a la visualización de piezas, no tratándola ni como unidad didáctica, ni como apartado de ningún tema. Esto no quiere decir que algunos contenidos implicados en la visualización de piezas no estén tratados de manera dispersa en otras unidades

didácticas, pero sí debe quedar claro que no se presenta o no se trata específicamente la problemática de la visualización, con el riesgo de que el estudiante no interrelacione dichos contenidos o no los aplique correctamente al resolver problemas de visualización. En algunos de esos libros, en todo caso, se proponen problemas de visualización, pero sin indicar cómo se resuelven.

En algunos libros se hace una escueta referencia general. Sirva de ejemplo otro de los libros analizados (Straneo, 1965), en la que la única referencia a la manera de visualizar piezas es la siguiente: *“La reconstrucción mental de la verdadera forma de un objeto es uno de los ejercicios más útiles e importantes y base de la interpretación de los dibujos técnicos. El alumno, después de examinar las tres proyecciones de un mismo objeto, reproducidas en esta figura, se ha de esforzar en imaginar de modo más claro y detallado la forma de la pieza representada.”*

En las publicaciones de servicios editoriales de distintas universidades del Estado que utiliza el profesorado como el libro de texto habitual en sus clases, o no aparece ningún apartado dedicado específicamente a la visualización, o si aparece, se trata de una manera muy general. Sirva de ejemplo el apartado completo dedicado a la lectura de vistas de una de estas publicaciones (Giménez, 1987).

#### Lectura de las vistas

*Es absolutamente necesario para un Técnico, estar capacitado para saber leer y escribir el lenguaje del dibujo, y por tanto, la interpretación de las vistas no debe dejar lugar a la menor duda.*

*Para interpretar adecuadamente un dibujo, debe realizarse un proceso mentalmente inverso al usado para dibujarlo. Cuando se hace un dibujo se inicia con el conocimiento visual de la forma del objeto progresando hasta la representación completa de esta forma; por el contrario, cuando se lee un dibujo, se inicia con el desconocimiento de la forma del objeto, progresando hasta la comprensión detallada del mismo.*

*La lectura de las vistas se hace visualizando una a una las proyecciones que han sido necesarias para la representación diédrica, hasta conseguir relacionar todos los elementos y aglutinarlos hasta interpretar el objeto en cuestión.*

*No es posible leer un dibujo de un solo golpe de vista, de la misma manera que es imposible leer una página impresa de un libro, de un solo golpe. Cuando se lee un dibujo, lo primero que hay que hacer es una inspección rápida de todas las vistas para obtener una idea general del objeto; más tarde, se elige la vista que mejor muestre la forma característica para un estudio más detallado, para pasar después a las otras vistas y poder relacionar lo que cada línea representa.*

En dos de los libros de texto destinados a alumnos de Formación Profesional, se detalla más el proceso de visualización. Sanjuán (1977), indica los requisitos necesarios para la visualización, y menciona y especifica algunos procedimientos para leer un dibujo, aunque de una manera general, sin profundizar demasiado en los mismos, terminando el apartado con un ejemplo resuelto muy sencillo (un prisma rectangular con un agujero pasante en el centro). Este es el apartado completo dedicado a la lectura de vistas:

#### *5.7. Lectura de vistas. Generalidades.*

*El delineante debe estar capacitado para leer, o sea, interpretar, un dibujo sin titubear gracias a la intensa relación que le une con la técnica. El carecer de esta cualidad sería una muestra de analfabetismo técnico.*

*El describir un objeto simple por medio de palabras es casi imposible; de ahí que, la lectura del lenguaje de las vistas se ha de hacer mentalmente.*

*La lectura de un dibujo debe hacerse con premeditación y cuidado, pues no puede leerse un dibujo completo de un solo golpe de vista, al igual que no se puede hacer tal cosa con la página de un libro impreso.*

*La habilidad de lectura se desarrolla con la experiencia. El delineante experimentado lee con rapidez, porque reconoce fácilmente las formas familiares y sus combinaciones.*

#### *5.7.1. Requisitos para la lectura de vistas*

*Para poder leer o interpretar las vistas se han de conocer los principios de la proyección diédrica, explicados con anterioridad.*

*Se ha de tener en cuenta la proyección, disposición y correspondencia de medidas en las vistas.*

#### *5.7.2. Lectura de vistas*

*Es reconocer y aplicar los principios de la proyección diédrica, para interpretar la forma de un objeto, partiendo de sus vistas diédricas.*

### *5.7.3. Procedimientos para leer un dibujo*

*Un dibujo se lee siguiendo con la vista cada elemento o detalle de las proyecciones diédricas representadas y orientando y combinando estos detalles mentalmente, hasta interpretar, finalmente, todo el objeto.*

*Para leer o interpretar un dibujo se sigue, primordialmente, el proceso inverso seguido para realizarlo.*

*Los pasos a seguir, para leer un dibujo, no son siempre idénticos, dada la gran variedad de objetos. No obstante, a continuación se indica un orden básico a seguir:*

*1°. Considerar qué vista corresponde al alzado y determinar la correspondencia de las demás vistas.*

*2ª. Tratar de hacerse una idea de la forma general del objeto, estudiando las características que dominan y la relación que guardan entre sí.*

*3°. Empezar leyendo los caracteres individuales más simples, siguiendo por los más dominantes y avanzando hacia los subordinados. Recordar las formas familiares de la experiencia previa. Leer en todas las vistas las formas familiares para darse cuenta de la profundidad de los agujeros, del espesor de los nervios y aletas, etc.*

*4°. Leer las formas complicadas. Recordar que cada punto, línea, superficie y sólido está en cada una de las vistas y que también debe estar en la proyección de cada detalle de las vistas dadas para conocer la forma.*

*5°. Observar, a medida que se avance en la lectura, la relación existente entre las diversas proporciones o elementos del objeto, tales como el número de agujeros y su separación, la colocación de los nervios, la tangencia de superficies, etc.*

*6°. Volver a leer cualquier detalle, relación o forma, que no haya quedado claro, después de la primera lectura.*

### *5.7.4. Ejemplo de lectura de vistas*

*Sean por ejemplo las dos vistas que se presentan a continuación (fig. 5.25).*

*En la vista planta se observa que hay una circunferencia visible, por estar la línea llena ancha, que puede representar un agujero o el extremo de un cilindro.*

*Pasando la mirada, de la vista de planta al alzado, y comparando caracteres del mismo tamaño, se observa que, debido a las líneas de trazos que atraviesan la vista alzado, la*

*circunferencia representa un agujero; por tanto, se tiene que las vistas representadas corresponden a un prisma cuadrangular, que contiene un agujero que lo atraviesa.*

Desde nuestro punto de vista, aunque este ejemplo constituye una primera aproximación a los contenidos procedimentales implicados en la visualización, y propone una serie de pasos generales para la lectura de vistas, ampliando y mejorando los 5 pasos propuestos por French (1954), los métodos y estrategias para la resolución de los problemas de visualización siguen sin abordarse satisfactoriamente.

Y por último, en dos de los libros analizados (Bertoline, 1999 y Giesecke ,1989), ambos estadounidenses, la visualización se trata en profundidad, destacando especialmente la propuesta por Bertoline.

Bertoline (1999) aborda la visualización de piezas en el apartado 8.8, desarrollado en nueve páginas, en las que propone los siguientes métodos y estrategias de resolución para el aprendizaje de la visualización, divididos en los siguientes subapartados:

- 8.8.1. Estudios de proyección
- 8.8.2. Construcción de modelos físicos
- 8.8.3. Áreas adyacentes
- 8.8.4. Formas similares
- 8.8.5. Rotulado de superficies
- 8.8.6. Líneas faltantes
- 8.8.7. Rotulado de vértices
- 8.8.8. Análisis por sólidos
- 8.8.9. Análisis por superficies

Bertoline justifica la introducción de cada técnica o método de aprendizaje, ilustrando con figuras cada uno de ellos, ofreciendo ejemplos resueltos, y realizando comentarios y recomendaciones sobre las limitaciones o la utilidad de cada método para las características de una pieza. En el apartado 8.10, presenta un resumen, con una lista de reglas de proyección ortográfica, preguntas de repaso, y una colección de problemas que ponen a prueba los conceptos y procedimientos implicados en la visualización en una diversidad de situaciones prácticas interesantes. Así, se proponen, entre otros, la

realización de croquis de varios objetos numerando cada superficie visible en las correspondientes vistas, problemas de visualización abiertos, la utilización del CAD para la realización de los problemas, la visualización de piezas a partir de vistas normalizadas, y problemas de líneas faltantes. En algunos problemas realiza preguntas cuestionando sobre las características de los distintos tipos de plano, tamaño y formas reales, etc. Es, sin duda, de entre los analizados, el libro de texto más completo y mejor desarrollado en lo que a la visualización se refiere.

Luzzader (1986), también estadounidense, se aproxima, aunque en menor medida a esta forma de abordar el tema. Luzzader hace referencia explícita a contenidos procedimentales, citando por ejemplo el análisis de puntos, rectas y superficies, mostrando y comentando sus características, con ejemplos resueltos e ilustrados gráficamente de manera muy apropiada, estando todas ellas representadas en todo momento en perspectiva y en vistas diédricas, relacionándolas y destacando aspectos a resaltar mediante comentarios en las propias gráficas. En el apartado 5.26 (Visualización de un objeto desde vistas dadas) trata la problemática de la visualización, en la que menciona el método de consideración del objeto como una unión de formas geométricas elementales, y el método de interpretación de áreas adyacentes en las vistas, advirtiéndole de posibles errores en el análisis de los mismos, y mencionando algunas dificultades que presentan los estudiantes, como, por ejemplo, la determinación de cuándo una línea se proyecta en su longitud real en una de las vistas.

### **Comentarios relativos a los diversos ítems analizados**

Sólo cinco autores (15%) han sido valorados satisfactoriamente en la cuestión relativa a la toma en consideración de las deficiencias y dificultades de los estudiantes en la visualización de piezas (Bertoline, Giesecke, Luzader, French, y Pérez). Se ha tenido en cuenta que ofrecen ejemplos y problemas resueltos incorrectamente para que el lector detecte los errores cometidos, ya que implica que se está aludiendo a errores comunes sobre los cuales se está previniendo. Así, proponen, por ejemplo, problemas de líneas faltantes, y ofrecen consejos al estudiante para solventar las posibles dificultades. Extraemos de Luzzader (1986) dos párrafos a modo de ejemplo:

*“Para determinar la forma real de esos objetos, ayudan la memoria y la experiencia previa, pero se puede caer en el error si el análisis no se enfoca con la mente abierta, porque sólo con un esfuerzo de tanteos y haciendo referencia hacia atrás y hacia delante de una vista a otra, puede entenderse el dibujo.*

*Aquellos estudiantes que, por carecer de un detallado conocimiento de los principios de la proyección (sec.5.9.), encuentran difícil determinar si una proyección de una línea en una de las vistas principales muestra o no la longitud real de la línea, deben estudiar con todo cuidado los siguientes hechos:*

*(ofrece una lista de 8 casos de tipos de línea en las que basándose en las características de las proyecciones presentes se deduce qué vista contiene la longitud real).”*

Algunos autores (30%) hacen una referencia general a la existencia de dificultades de visualización sin concretarlas explícitamente. Sirva de ejemplo este párrafo de Straneo (1965):

*“Se ha dicho muchas veces que el mayor inconveniente de la representación de una pieza por sus tres proyecciones es que no da una idea clara de la forma del objeto. Esta forma se puede imaginar únicamente con un estudio simultáneo de las tres proyecciones. Cuando la pieza es sencilla, no es difícil su estudio. Pero tratándose de piezas complicadas, el estudio de las tres proyecciones, para deducir mentalmente con claridad la verdadera forma de la pieza, es complicado y requiere un esfuerzo mental muy considerable.” (Straneo, 1965).*

En la cuestión 2 en la que se analiza si se justifica racionalmente la introducción de conceptos y/o procedimientos de visualización, se ha valorado satisfactoriamente a los mismos cinco autores. He aquí, a modo de ejemplo, unos párrafos extraídos de Giesecke (1989):

*“Aún cuando el ingeniero experimentado no puede ver un dibujo en varias vistas y visualizar instantáneamente el objeto representado (excepto que se trate de las formas más simples), igual que tampoco puede captar las ideas expresadas en una página de un libro dándole simplemente una mirada, es necesario estudiar el dibujo, leer sus líneas de una manera lógica, e ir juntando*

*pieza por pieza las cosas pequeñas hasta que surja una idea clara del conjunto. En los párrafos siguientes se describe la manera en que esto se realiza.*

...

*Para analizar y sintetizar las proyecciones en vistas múltiples, es necesario considerar los elementos componentes que forman a la mayoría de los sólidos. Una superficie (plano) puede estar limitada por líneas rectas o curvas, o por una combinación de éstas. Una superficie puede ser frontal, horizontal o de perfil, según el plano de proyección al que sea paralela.*

*Si una superficie plana es perpendicular a un plano de proyección, aparece como una recta, vista de perfil (VP), fig.6.19(a). Si es paralela, aparece como una superficie, en su tamaño real (TR), (b). Si está situada a un ángulo, aparece como una superficie, acortada o de menor área (AC), (c). En consecuencia, una superficie plana siempre se proyecta como una recta o una superficie.”*

Otros autores (7, 21%) hacen una referencia general a la necesidad de la visualización, sin introducir o justificar los conceptos, métodos y procedimientos implicados en la misma. Por ejemplo, Vishnepolski (1984) :

*“Para leer un dibujo, hay que figurarse de qué forma se obtuvo en él tal o cual representación, determinar qué cuerpo es el que puede dar la proyección que examinamos. Al mismo tiempo, no se deben examinar las proyecciones por separado una de otra. En la mente, se deben unir en un todo único las representaciones de todas las proyecciones, dadas en el dibujo.”*

En la tercera cuestión se analiza si se ponen a prueba los nuevos conceptos y procedimientos introducidos en una diversidad de situaciones prácticas, y se analizan los procedimientos y métodos de resolución propuestos para distintos casos, las limitaciones o conveniencias de uso de cada uno de ellos, y la inclusión de valoraciones, consejos y recomendaciones.

Dos autores (6%) tratan satisfactoriamente esta cuestión (Bertoline y Giesecke). Ejemplos extraídos de Bertoline:

*“Las siguientes secciones describen varias técnicas para mejorar la habilidad del lector en lo que respecta a la visualización de dibujos de vistas múltiples.*

...

*Una técnica que mejorará la habilidad para visualizar dibujos de vistas múltiples es el estudio de dibujos completos de vistas múltiples de diversos objetos, como los que se muestran en la figura 8.69.*

...

*La creación de modelos físicos puede ser útil para aprender a visualizar objetos en dibujos de vistas múltiples...La figura 8.7 muestra los pasos que deben seguirse para crear un modelo físico a partir de un bloque de arcilla.*

...

*Hay una técnica de visualización que implica la identificación de aquellas vistas en las que la superficie tiene una configuración y número de lados similares...La figura 8.74 muestra objetos con superficies sombreadas que pueden describirse por sus formas.*

...

*Rotulado de superficies. Figura 8.75. Para verificar la exactitud de los dibujos de vistas múltiples, las superficies pueden rotularse y compararse con las que aparecen en la vista pictórica.*

...

*Una técnica común para analizar dibujos de vistas múltiples es el análisis por sólidos, en el que el objeto se descompone en primitivos geométricos, tales como cilindros, cilindros negativos (agujeros), prismas cuadrados y rectangulares, conos, esferas, etc. Estos primitivos se muestran en la figura 8.47 y no puede menospreciarse su importancia en la comprensión y visualización de dibujos de vistas múltiples.(Seguidamente se resuelve un problema por análisis de sólidos).*

...

*La figura 8.79 conduce por sí misma al análisis de sólidos debido a que no hay en ella superficies inclinadas u oblicuas. Con las superficies inclinadas u oblicuas, como las de la figura 8.8., el análisis por superficies tal vez sea mucho más útil.”*

En los casos (30%) en los que se exponen los nuevos conceptos y procedimientos sin ponerlos a prueba, se les ha asignado la valoración “se menciona” (ver, por ejemplo, pag. 121, French , 1954 ).

La cuarta cuestión analiza si se indican los objetivos a evaluar (ítem 4.1.), y si se proponen actividades de autorregulación (ítem 4.2.), resolviendo los ejercicios propuestos incluyendo el proceso de deducción, o si se ofrece solamente la solución final, o únicamente se proponen enunciados.

Cuatro autores (12%) indican los objetivos a evaluar de los ejercicios propuestos (ítem 4.1.), y siete autores (21%) proponen actividades de autorregulación, ofreciendo la solución final del problema. Ningún autor incluye el proceso de deducción completo de los problemas propuestos. Así pues, la gran mayoría de los libros analizados no han sido desarrollados para favorecer la evaluación del aprendizaje y la autorregulación del estudiante.

En cuanto a la última cuestión en la cual se analizan las actividades propuestas utilizando las posibilidades didácticas del ordenador, cuatro autores lo hacen parcialmente (12%), al proponerlo como herramienta de aplicación de los programas de CAD, y no como una posible herramienta que ayude a superar las dificultades de visualización. Este resultado era previsible teniendo en cuenta que la mayoría de los libros se editó con anterioridad a la introducción de los sistemas CAD, y las posibilidades de desarrollo didácticas en ese momento eran nulas o muy limitadas. Se ofrece un ejemplo de propuesta de una actividad utilizando el ordenador como herramienta de CAD (Bertoline, 1999):

*“Tarea 6.*

*Cada miembro del equipo tomará sus piezas asignadas y los croquis de diseño ya elaborados, y comenzará a crear dibujos de diseño ya elaborados, y comenzará a crear dibujos de vistas múltiples de estas piezas, utilizando para ello herramientas manuales o el CAD. Si ya se crearon modelos 3-D y el software de CAD es capaz de extraer vistas, extraiga las vistas múltiples tal y como se describe en este capítulo.”*

En definitiva, y como resumen de este análisis didáctico, podemos concluir que la mayoría de los libros analizados presentan deficiencias didácticas y son susceptibles de mejora en muchos aspectos, en lo que se refiere al menos a la problemática de la visualización. En consecuencia, damos por válidas las consecuencias contrastables de la primera hipótesis (A1 a A6), relativas a las deficiencias didácticas que se presentan en la enseñanza habitual (apartado 3.2).

#### **4.1.2. Resultados del análisis de las programaciones, estrategias didácticas y formas de evaluación utilizados por el profesorado.**

Se ha entrevistado a 6 profesores titulares del departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería de la Universidad del País Vasco (4 T.E.U. y 2 T.U.), que imparten la asignatura de Expresión Gráfica en primer curso de alguna de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial o Ingeniería Superior Industrial.

El análisis de las entrevistas ha sido realizado con los criterios de valoración del documento 2 (apartado 3.4.2), y efectuado a partir de las transcripciones de las respuestas gravadas en cinta magnetofónica.

Se presenta a continuación el resultado de dicho análisis para cada una de las preguntas del cuestionario para la entrevista, con algunos ejemplos que reflejan los aspectos comentados.

**Cuestión 1.-** ¿Tienes en cuenta los *conocimientos previos* de los alumnos a la hora de elaborar el programa de la unidad didáctica de visualización, o las estrategias didácticas a seguir?

1.1.-¿Cómo conoces los conocimientos previos de los alumnos en visualización, o bien cómo los evalúas (si es que realizas una evaluación previa)?

1.2.-¿Cómo afecta ese conocimiento a la programación preparada de antemano?

Del análisis de las respuestas de los profesores a éstas cuestiones se desprende que en general no se tiene en cuenta el nivel de conocimientos previos de los alumnos a la hora de elaborar o desarrollar la programación prevista para la unidad didáctica de visualización.

Sólo uno de los seis profesores entrevistados realiza habitualmente un control de conocimientos previos el primer día de clase con el objetivo de conocer el nivel de partida del grupo al que imparte docencia. El resto afirma obtener una idea aproximada del nivel del grupo a partir de las dos primeras semanas de clase, mediante la corrección de ejercicios y la dinámica observada en el aula.

Sea cual sea el resultado de la información obtenida sobre los conocimientos previos de los alumnos, ningún profesor afirma variar la programación preparada de antemano o las estrategias didácticas a seguir, aunque algunos reconocen que se ven obligados a bajar el nivel de exigencia, y la mayoría muestra quejas sobre el tiempo disponible para desarrollar todo el programa. En este sentido parece claro que la programación elaborada y las estrategias didácticas seguidas no tratan de adecuarse a las necesidades o posibilidades del alumnado, y que se elaboran en función de “lo que se debe saber”, sin tener demasiado en cuenta al mismo tiempo lo que el alumno sabe de antemano y “lo que el alumno puede aprender” a partir de ese nivel. El programa elaborado parece estar diseñado desde una concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje centrado especialmente en la determinación de los contenidos que se deben enseñar, sin que en ese diseño se haya integrado el otro aspecto del proceso, el del aprendizaje, es decir, la determinación del nivel de partida y los conocimientos previos de los alumnos, así como el de las posibles dificultades que el aprendizaje de ciertos contenidos pueden representar, de cara a adaptar las estrategias didácticas a las necesidades del grupo al que se imparte docencia.

Se muestran a continuación fragmentos de entrevistas que reflejan los aspectos comentados:

### **Ejemplo 1**

**Entrevistador (E):** ¿Tienes en cuenta los *conocimientos previos* de los alumnos a la hora de elaborar el programa de la unidad didáctica de visualización, o las estrategias didácticas a seguir? ¿Cómo conoces los conocimientos previos de los alumnos en visualización, o bien cómo los evalúas? ¿Realizas, por ejemplo, una evaluación previa para conocer el nivel de partida?

**Profesor (P):** No estrictamente, en el sentido de que no les hago ningún test, ni ninguna prueba inicial para saber cual es su nivel. Sí, probablemente, al cabo de las dos primeras semanas en las que, de alguna manera, empiezo a intuir por dónde andan, a base de corregir los ejercicios. Mi objetivo fundamental era cumplir con el programa que me habían dado.

**(E):** ¿Cómo afectó ese conocimiento a la programación preparada de antemano?

**(P):** No afectó para nada.

**(E):** La diste tal y como estaba programado de antemano.

**(P):** Bueno, sí afectaba en el sentido de que yo fui retrasado, y entiendo que parte de eso era porque el nivel del alumno que tenía no era alto.

(E): Entonces, el programa que estaba preparado de antemano, ¿tal vez no se adecuaba a tus alumnos?

(E): Bueno, el caso es que el programa que tenía que dar, no llegué a darlo por completo.

## **Ejemplo 2**

**Entrevistador (E):** ¿Tienes en cuenta los *conocimientos previos* de los alumnos a la hora de elaborar el programa de la unidad didáctica de visualización, o las estrategias didácticas a seguir?

**Profesor (P):** Lo que sucede es que aquí empezamos desde un mínimo, y no podemos empezar completamente desde cero. Lo que hacemos es una especie de repaso, y el alumno que no lo haya visto puede venir a mis tutorías. Pero bueno, la mayoría ya tiene ese mínimo. Unos pocos, se ve que no siguen.

(E): ¿Cuántos dirías que son esos alumnos que no siguen, en porcentaje?

(P): No son muchos,...igual, por dar una cifra, ¿un 10%, o así? Tal vez, incluso menos.

(E): ¿Cómo conoces los conocimientos previos de los alumnos en visualización, o bien cómo los evalúas? ¿Realizas, por ejemplo, una evaluación previa para conocer el nivel de partida?

(P): No suelo hacer un examen al comienzo de clase. Lo que sucede es que yo veo en el día a día si me están siguiendo o no. No sé, igual, para la primera o segunda semana, ya sé quién va a hacerlo bien y quién no, quién está siguiendo y quién está perdido. Lo del examen lo he hecho alguna vez, pero ahora no lo hago. En principio, para la segunda semana ya me he hecho una idea, y para mí, con eso es suficiente.

(E): ¿Cómo afecta ese conocimiento a la programación preparada de antemano?

(P): No hay cambios en la programación. En el nivel de los ejercicios, lo que sucede es que estamos pidiendo cada vez un nivel más bajo. En el programa no, pero en el nivel de exigencia, sí se tiene en cuenta. Los exámenes los hacemos de un nivel, pero luego a la hora de corregir, la evaluación está en nuestras manos, y nosotros ponemos el nivel, que en los últimos cinco años, es bastante bajo. Es decir, la programación no, pero el nivel que se pide sí se cambia. En este sentido, hay unas conclusiones que han sido obtenidas dentro de un análisis de calidad en la escuela sobre el fracaso escolar, y una de las conclusiones es que hay una descoordinación entre los institutos y lo que luego se pide en la universidad. El problema es el de siempre: ¿quién tiene que poner el nivel, la universidad, o la enseñanza media? Yo lo tengo claro, debe ser la universidad, y entiendo que ellos deben adaptarse a ese nivel. A nivel europeo va a la universidad el 30% de los alumnos de secundaria, en el estado español el 70%. Aquí, al final, lo que se ha decidido es hacer un curso cero de adaptación. Es un problema que tenemos nosotros,

que proviene de otros, pero que al fin y al cabo nos afecta, y algo hay que hacer. Y no sólo pasa en nuestra asignatura, también en matemática, física,...

**Cuestión 2.-** ¿Cuáles son en tu opinión los *contenidos conceptuales y procedimentales* necesarios para la visualización de piezas y que secuenciación sigues al abordarlos en clase?

Todas las respuestas ofrecidas espontáneamente por el profesorado a esta cuestión se refieren en primer lugar a los contenidos conceptuales que el alumno debe conocer para visualizar piezas, tales como, el sistema de representación diédrico, fundamentos de la proyección, invariantes proyectivos, representación de punto recta y plano, tipos de rectas y planos, tipos de línea normalizados y el sistema de representación en perspectiva.

En cuanto a los contenidos procedimentales, se responde a esta cuestión sólo cuando el entrevistador insiste sobre ello, siendo necesario en general aclarar en primer lugar qué se entiende por contenido procedimental. Sólo dos de los profesores mencionan algunos contenidos de tipo procedimental, aunque en uno de los casos se refieren a contenidos procedimentales para el *trazado de la perspectiva*, y sólo en el otro se hace referencia a aspectos implicados en la resolución de problemas como análisis cualitativo, métodos y estrategias de resolución, o razonamientos y argumentos utilizados en el proceso de deducción de los problemas de visualización.

La secuenciación seguida en estos contenidos conceptuales es prácticamente la misma para todos los casos, tanto en lo que se refiere a la teoría que se expone (que sigue básicamente la secuencia mostrada en el párrafo anterior), como a las actividades y ejercicios que se realizan para el aprendizaje de la visualización. En el caso de los contenidos conceptuales, la mayoría de los profesores (4 de 6) imparte en primer lugar el sistema diédrico, dedicándole a continuación cierto número de clases a la resolución de problemas en el plano mediante los métodos que ofrece la geometría descriptiva. A continuación se imparte el sistema de representación en perspectiva, y es en éste momento cuando se empiezan a realizar los primeros problemas de visualización, trazando las perspectivas de piezas a partir de sus vistas normalizadas. La mayoría de los profesores conciben la asignatura como dividida en dos partes o bloques de conocimientos separados: “diédrico”, y “dibujo técnico”, en el que el primero se trata la

metodología para la resolución de problemas en el plano, y en el segundo se desarrolla la visualización (en algún caso, son incluso dos los profesores que imparten separadamente cada bloque). Al tratar los contenidos necesarios para la visualización en unidades didácticas separadas a lo largo del curso, podría existir el riesgo de que el alumno no las interrelacione, a menos que al iniciar la parte de dibujo técnico se realice un repaso de los contenidos necesarios para la visualización, o se traten esos contenidos específicamente mediante la realización de alguna actividad o problema. En este sentido, algunos profesores entrevistados afirman que estos contenidos se tratan repetidamente en los problemas que se realizan y se insiste continuamente en ellos, realizándose periódicamente sesiones de repaso.

Los dos profesores restantes no mencionan la separación de la asignatura en dos bloques temáticos diferenciados, y parecen haber integrado el “diédrico” dentro del “dibujo técnico”, tratando la visualización prácticamente desde el inicio del curso lectivo.

En cuanto a la secuenciación seguida en las actividades y problemas para el aprendizaje de la visualización, todos los profesores resaltan la necesidad de tratar la visualización como un *proceso*, no como un tema puntual que se trata en una o dos clases. Todos coinciden en que la visualización es una habilidad que se adquiere mediante la práctica, y que por lo tanto necesita de un entrenamiento. Se debe seguir un proceso continuo de aprendizaje a lo largo del tiempo, dedicándole cuantas más horas y ejercicios sea posible.

Respecto al tipo de problemas que se plantean para el aprendizaje de la visualización, coinciden mayoritariamente en comenzar obteniendo vistas normalizadas de piezas a partir de la perspectiva, para continuar con el proceso inverso (obtener perspectivas a partir de vistas normalizadas) incrementando de manera gradual el nivel de dificultad de las piezas, y planteando al final ejercicios de tercera vista.

### **Ejemplo 3**

**Entrevistador (E):** ¿Cuáles son en tu opinión los *contenidos conceptuales y procedimentales* necesarios para la visualización de piezas y que secuenciación sigues al abordarlos en clase?

**Profesor (P):** Por una parte sería hablar del ideal, de lo que yo quisiera que conocieran, y por otra parte, es tener que ajustarte a la realidad actual. Nos han limitado de tal manera las horas, que es imposible, es imposible llegar a enseñar a los alumnos lo que hoy en día se requiere en la empresa. Es imposible. Entonces, estamos rebajando el nivel hasta llegar a unos límites que, bueno, ¿esto sería el mínimo, mínimo, mínimo? No lo sé. Eso ya me parece muy personal. Cada uno tendrá su opinión.

**(E):** ¿Podrías concretarme esos contenidos mínimos en visualización?

**(P):** Hay que aprender el sistema de representación en diédrico, hay que aprender el sistema de representación en perspectiva isométrica, como mínimo elemento de bocetación, en el sentido de que el alumno sepa bocetar al menos lo que él ve, y luego hay que tener conocimiento suficiente sobre, entiendo yo, realización de vistas y visualización de vistas con corte. La representación mayoritaria que se da en la empresa es con vistas con corte, siempre hay vistas con corte, y yo creo que si no llegamos ahí con la suficiente facilidad o seguridad, me parece que les estamos dejando a nuestros alumnos recortados.

**(E):** ¿Qué secuenciación sigues para que el alumno vea?

**(P):** ¿La que se da, o la que se debería dar?

**(E):** La que se da.

**(P):** Se empieza con el sistema diédrico, toda la metodología, de punto, recta, plano, representación, buscar intersecciones y demás, y luego, hacer lo que llamaríamos visualización, vistas, y algo de cortes, de piezas muy, muy sencillas. Realmente se puede decir que de visualización apenas tenían capacidad, y luego lo que aprendieron de diédrico, pues bueno, una metodología que, como toda metodología, ya la habrán olvidado para hoy. Mi frustración sobre esto es...

**(E):** ¿Entonces, te parece que los contenidos que se necesitan para la visualización, se trataron como un tema específico que se da en un par de clases seguidas, o estaban repartidas a lo largo del curso...?

**(P):** Creo que la visualización la llevamos... lo que intentamos hacer es, dar a la semana, dos horas de diédrico y dos de visualización, pero en realidad para poder llegar a abarcar lo del diédrico, se da bastante de diédrico al principio. O sea, se da básicamente diédrico, y luego al final, nos metemos más a fondo, por decir algo, con la visualización, pero ese más a fondo, en plan muy pequeñito.

#### **Ejemplo 4**

**Entrevistador (E):** ¿Cuáles son en tu opinión los *contenidos conceptuales y procedimentales* necesarios para la visualización de piezas y que secuenciación sigues al abordarlos en clase?

**Profesor (P):** Bueno, los conocimientos teóricos, diría yo, que, fundamentos de los sistemas de representación diédrico y en perspectiva, representación de punto, recta, y plano,...es también importante, conocer los tipos de línea (normalizados, continua, discontinua,..), fundamentos de la proyección, invariantes proyectivos...

**(E):** ¿Y en los procedimentales?

**(P):** Ahí habría que meter, que para pasar de vistas a perspectiva, hay tres o cuatro modos de hacerlo. Y, bueno, yo ahí, explicaría la base del sistema axonométrico, pero un mínimo, quiero decir, sin meterme demasiado en la forma de representar círculos o elipses en la perspectiva, sino en cómo llevar un punto a la perspectiva. En este sentido, haciendo primero un cajón-capaz-continente, y luego ir colocando los puntos, tomando como límite o referencia, las aristas de esa caja. A bote pronto, se me ocurre esto.

**(E):** ¿Qué secuenciación sigues?

**(P):** Bueno, ahí, mi experiencia me ha enseñado que, incido mucho en que para leer un plano y visualizarlo se necesita tiempo. Es una forma de lectura de la información que está expresada en un plano, y necesita un entrenamiento, y por eso no tratamos la visualización como un tema que vamos a tocar en una clase, sino como un proceso, como un proceso continuo. Normalmente, empezamos la visualización desde la primera semana, con ejercicios de selectividad, de 3ª vista, de hacer perspectivas a partir de vistas, o viceversa, desde la primera semana. Y luego, prácticamente, casi cada semana, algún ejercicio de visualización. Y a partir de la quinta o sexta semana, empezamos a introducir algún mecanismo. Incido mucho en hacer perspectivas libres, a mano alzada. Al fin y al cabo, es una forma de lectura, y se necesita un entrenamiento, y como en todo entrenamiento, cuantas más horas dediques, más fácil se te hará. Aquí lo que no hacemos es tratar la visualización en una sola clase, o semana, no, es un proceso continuo.

**Cuestión 3.-** ¿Cuáles son en tu opinión las *dificultades conceptuales o procedimentales* más importantes que has detectado en los alumnos en la visualización de piezas?

La totalidad de los profesores están de acuerdo en que las dificultades de los alumnos en la visualización de piezas son de tipo procedimental, más que de tipo conceptual. Se afirma que los alumnos entienden los conceptos implicados en la misma, pero las dificultades surgen cuando se trata de aplicar a casos prácticos la teoría. Ningún profesor entrevistado concreta más explícitamente esas dificultades espontáneamente, contestando a la pregunta planteada siempre de manera general. Resaltamos el hecho de que aunque se reconoce que las dificultades principales para la visualización son de tipo procedimental, en la cuestión anterior en la que se preguntaba sobre los contenidos

conceptuales y procedimentales necesarios para la visualización que se imparten, la mayoría de los profesores sólo mencionaba contenidos de tipo conceptual.

### Ejemplo 5

**Entrevistador (E):** ¿Cuáles son en tu opinión las *dificultades conceptuales o procedimentales* más importantes que has detectado en los alumnos en la visualización de piezas?

**Profesor (P):** Jo, pues..., con frecuencia veo, poca imaginación, y falta de experiencia. Ver cómo funciona un mecanismo ayuda mucho para deducir la forma de la pieza, pero para eso hace falta experiencia, haber visto y conocer mecanismos.

**(E):** ¿Y si nos centramos sólo en la visualización de piezas individuales, sin que constituyan un mecanismo o un conjunto mecánico, cuáles serían esas dificultades?

**(P):** Pues, yo creo, que se trata de un fallo de procedimiento, pero un fallo de procedimiento porque no saben leer e interpretar líneas. Conocen el concepto, lo tienen claro, cómo se representa una línea, pero al tratar de leer sus proyecciones, no les sale. Si lo explicas tú, lo entienden, pero si tienen que deducirlo ellos, les cuesta.

**(E):** Entonces, diríamos que los conceptos se entienden. Que el problema es procedimental.

**(P):** A veces se me queda cara de tonto. Explicas algo al detalle y lo entienden. A la semana siguiente no les sale. Yo creo que no saben cómo se aprende esta asignatura. Yo les digo que hagan láminas y más láminas. Ellos tienen tendencia a ir a la academia. Nosotros pedimos conceptos mínimos, no es nada del otro jueves, pero, ¿qué sucede?, que se trata de una asignatura técnica. No es como estudiar economía. Se trata de aplicar a casos prácticos la teoría, y no saben dar ese paso, cómo aplicar lo que saben.

**Cuestión 4.-** ¿Qué *estrategias didácticas* utilizas en clase en la visualización de piezas?  
¿Cómo crees que se adquieren los conocimientos necesarios para la visualización de piezas?

4.1.- ¿Qué importancia concedes a la resolución de problemas como forma de aprender a visualizar piezas? ¿Cuánto tiempo dedicas a la exposición de los contenidos de la unidad didáctica, y cuánto a la resolución de problemas?

4.2.- ¿Se deducen completamente en el aula los problemas, o sólo se muestra la solución?

4.3.- ¿Utilizas o propones actividades que conlleven el uso del ordenador como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización?

La totalidad de los profesores coinciden en afirmar que los conocimientos necesarios para la visualización se adquieren mediante la realización de ejercicios, aumentando gradualmente el nivel de dificultad de los mismos. El tiempo dedicado a la resolución de problemas varía significativamente en las respuestas, oscilando de entre un porcentaje del tiempo de clase estimado mínimo del 20% a un máximo del 50%. Todos los profesores recalcan la necesidad de dedicar tiempo a la resolución de problemas para aprender a visualizar, aunque ante la falta de tiempo disponible para impartir la asignatura se intenta que ese trabajo sea realizado por el alumno individualmente en su domicilio, dedicando el tiempo de clase básicamente al tratamiento de dudas que vayan surgiendo. La mayoría de los profesores resuelven completamente algún problema de visualización a título de ejemplo, pasando a partir de ahí a mostrar únicamente las soluciones de los mismos, y a tratar algún concepto implicado en los problemas a requerimiento de los alumnos. Sólo un profesor hace mención a la utilización de distintos métodos o estrategias de resolución para los problemas de visualización de piezas. En el extremo opuesto, una de las respuestas manifiesta dudas sobre la posibilidad de establecer una metodología clara o un modelo para la resolución de los problemas de visualización.

En cuanto a la utilización del ordenador como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización, dos de los profesores consultados manifiestan utilizar imágenes creadas en ordenador de piezas industriales para mostrar los resultados de los problemas de esta manera, aunque ninguno utiliza en el aula sistema multimedia alguno. Todos los profesores utilizan el ordenador como herramienta de trazado mediante la realización de prácticas de CAD.

### **Ejemplo 6**

**Entrevistador (E):** ¿Qué *estrategias didácticas* utilizas en clase en la visualización de piezas?  
¿Cómo crees que se adquieren los conocimientos necesarios para la visualización de piezas?

**Profesor (P):** Siempre el mismo: El de aumentar el nivel de dificultad de los ejercicios progresivamente, y resolviendo en ejercicios concretos, sobre todo en la pizarra, dificultades que uno prevee que van a aparecer, para que luego ellos al tratar de resolver el ejercicio sepan lo que hay que hacer. Pero siempre un poco desvariado, sin seguir un procedimiento.

**(E):** ¿Qué importancia concedes a la resolución de problemas como forma de aprender a visualizar piezas?

**(P):** Para mí es de una importancia vital en el sentido de que a lo largo de mi experiencia, yo empecé en mis primeros años solamente haciendo ejercicios, y dando muy, muy poca teoría. Solamente daba la teoría en función de las dificultades que aparecían en los ejercicios, y luego he ido aumentando cada vez más la cantidad de teoría que daba, y disminuyendo el tiempo dedicado a los ejercicios. Y mi convencimiento es que los primeros alumnos a los que impartí clase son los que más dibujo saben. Entonces, ese aumento de teoría que se ha producido es como poner ramas en el camino, y al final, entorpecer, más que ayudar. Al final, es uno mismo el que aprende, y entonces, lo que hay que darle a esa persona para su autoaprendizaje, son casos muy claros, lo que tú estás haciendo ahora, unos procedimientos, pero no estar dando más teoría, y más teoría, y más metodología, ni más casos, ni ...no, eso es perder el tiempo al final.

**(E):** ¿Cuánto tiempo dedicas a la exposición de los contenidos de la unidad didáctica, y cuánto a la resolución de problemas?

**(P):** Pues igual un 75-80% del tiempo para dar contenidos, y un 20% de tiempo para práctica. Prácticamente, no damos nada de práctica. Era casi casi con las dudas que venían los alumnos.

**(E):** ¿Y debería ser?

**(P):** Para mí, debería ser, igual exagerando, justo al revés, un 20% de teoría, y un 80% de ejercicios.

**(E):** ¿Se solucionan en clase los problemas de visualización, o sólo se pone el enunciado, y se da la solución en transparencia? ¿Se resuelve completamente el ejercicio, con los pasos a seguir, con los razonamientos hechos, métodos...?

**(P):** En clase, solamente se deducen aquellos ejercicios que los alumnos dicen que no han sabido hacer. El resto, se da como mucho la solución y nada más. Pero resueltos muy poquitos, lo que es de visualización, igual nada más que uno, porque la mayor parte de ejercicios donde el alumno encuentra dificultad es en la teoría del diédrico. Eran más bien cuestiones de no entender la metodología, y de tener que volver a explicarla.

**(E):** ¿Podría ser que los contenidos de visualización se hayan repartido a lo largo de la asignatura, de manera que el alumno no los haya relacionado, y por tanto, no sepa utilizarlos bien, a la hora de resolver problemas de visualización?

**(P):** Yo creo que no se llega a explicar un sistema procedimental de resolución de los problemas de visualización, de cómo hacerlo. Simplemente, el mínimo de teoría necesario, como qué sistemas de representación existen, dónde se colocan las vistas, qué relación tiene que haber entre las líneas, mínimamente para que la representación esté bien colocada, pero no en cuanto a pasos que tendrían que dar para reconocer mejor esa visualización, no como procedimiento de trabajo, de deducción.

(E): ¿Utilizas o propones actividades que conlleven el uso del ordenador como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización?

(P): No, porque no se contemplaba el uso del ordenador en esa asignatura. No, perdón, bueno, a veces, hay algún alumno que te pregunta si puede ir entregando los ejercicios hechos con Autocad. Pero bueno, a iniciativa propia del alumno.

(E): O sea, como herramienta de trazado, no como herramienta para ayudar a comprender o mejorar la visualización...

(P): No, solamente como herramienta de dibujo.

### **Ejemplo 7**

....

(E): ¿Les explicas una metodología de cómo pasar del plano a la perspectiva, de vistas a perspectiva? Es decir, ¿cómo se deduce la perspectiva partiendo de las proyecciones?

(P): Eeeee... no, metodología... es que yo creo que no hay una metodología clara. Un poco, que cada uno es...yo creo que la vas aprendiendo, que cada uno tiene su método. Y que a base de ir generando una base de datos, haciendo muchos ejercicios, te sale. No existe una metodología que sin ver la pieza, de repente, por un método, te salga la perspectiva. Yo creo, me parece a mi, que tienes que intuir. O al menos, así funciono yo.

(E): Entonces, ¿qué haces? ¿Planteas un problema con un enunciado, dejas que el alumno trabaje, y al final se le da la solución, por ejemplo?

(P): Sí. Eso hago yo.

(E): ¿Le dices al alumno cómo has deducido la solución?

(P): Pues no. Siempre no. Por el tiempo, es que no tienes. Bueno, a veces, vuelves a lo de siempre, a la ratificación de los tipos de plano, es decir, que lo que se estudió en diédrico, se ve que aquí se cumple, ¿no?

(E): ¿Y si el alumno entiende la solución, pero no ha sido capaz de llegar por sí mismo a deducirla, qué haces?

(P): Puede ocurrir. Yo le digo que empiece por piezas sencillitas, y que haga lo que te he dicho antes, sacar primero las vistas, y luego hacer el camino de vuelta, subiendo el nivel de dificultad. Para que también se anime, poco a poco.

### **Ejemplo 8**

**Entrevistador (E):** ¿Qué *estrategias didácticas* utilizas en clase en la visualización de piezas?  
¿Cómo crees que se adquieren los conocimientos necesarios para la visualización de piezas?

¿Qué importancia concedes a la resolución de problemas como forma de aprender a visualizar piezas? ¿Cuánto tiempo dedicas a la exposición de los contenidos de la unidad didáctica, y cuánto a la resolución de problemas?

**Profesor (P):** Jo, pues sí, es muy importante la resolución de problemas. Yo creo que haciendo ejercicios, se puede aprender a visualizar, esa habilidad, se puede adquirir. Yo durante todo el curso, envío láminas de visualización. No sabría decir cuánto tiempo se dedica a resolver problemas. Depende del tema, y de los conceptos, que son los que condicionan el tiempo dedicado a cada cosa. Por ejemplo, la representación de sistemas tiene unos conceptos teóricos sobre los cuales se da una base, y a partir de ahí, se trata de hacer ejercicios que incluyan varios conceptos, que te den pie para tratar ciertos conceptos que has expuesto antes, y que de esa manera los pones en práctica. Siempre hay tres, cuatro, cinco conceptos mezclados en un mismo ejercicio. No son conceptos estancos y aislados.

**(E):** ¿Se solucionan en clase los problemas de visualización, o sólo se pone el enunciado, y se da la solución en transparencia? ¿Se resuelve completamente el ejercicio, con los pasos a seguir, con los razonamientos hechos, métodos...?

**(P):** A veces, yo hago todo el proceso de deducción en la pizarra, con ellos, guiándolo yo. Otras veces, les doy un poco de tiempo en clase para que analicen el problema, y luego lo comentamos en la pizarra. Otras veces, propongo un ejercicio, les muestro la solución y ellos deben ser capaces de llegar a eso. Y otras veces, no les doy nada, y ellos tienen que llegar a la solución sin ninguna ayuda.

Cuando planteo un ejercicio, lo primero, hago un análisis para entender la pieza yo mismo. ¿Y para qué ese análisis? Porque según cómo entiendo yo la pieza, así la voy a explicar a los alumnos. Esta pieza tiene esta dificultad, o, a mí me ha pasado tal cosa, cuidado con esto, analizarlo por este camino,...A veces, dependiendo de cómo es el problema, si es fácil de resolver en la pizarra, o no, porque a mí no me gusta utilizar transparencias, yo resuelvo los ejercicios en la pizarra. Yo creo, igual, que vas más despacio, pero el alumno tiene tiempo para coger apuntes, ..., y especialmente en dibujo técnico, igual no tienes tiempo para explicar los tipos de tuerca, o un mecanismo complejo, porque te tiras una semana, y no tienes tiempo, pero, sobre todo, en la primera parte de la asignatura, donde se tratan los sistemas de representación, hay que resolver en la pizarra. Y creo que así el alumno va asimilando, y tiene tiempo para ver las dificultades, o para coger apuntes de comentarios... Es decir, que en clase lo explicaría punto a punto dependiendo de lo que quiera trabajar. Por ejemplo, a mí lo de numerar los vértices me gusta mucho, y a ellos también les ayuda mucho, para ir uniendo correctamente cada vértice, e ir deduciendo la pieza. Vaya por un camino o por otro, el resultado es el mismo, vaya por planos, por rectas, o por puntos. El mismo. Yo doy mucha importancia a los invariantes proyectivos. Y creo que teniendo claros los invariantes proyectivos, se puede hacer de cualquier manera, por cualquier sistema. El paralelismo, la perpendicularidad, subrayo mucho dónde se

mantiene la perpendicularidad y dónde no... analizo las características que tiene la pieza. Este lado por ejemplo, es perpendicular. Este otro, también. Aquí hay un oblicuo... Eso, lo que me permite es que ellos trabajen el ejercicio. Me da pie para exponer conceptos de la teoría, por ejemplo, para exponer las características de los planos proyectantes, que todo se proyecta sobre una recta.

**(E):** ¿Utilizas o propones actividades que conlleven el uso del ordenador como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización?

**(P):** Yo a veces, hago piezas en 3D, las imprimo y llevo a clase la imagen como explicación. Y otras veces, cuando vienen a tutorías, lo utilizo. Ayuda mucho.

### **Cuestión 5.-** *¿Qué sistema de evaluación sigues?*

Todos los profesores entrevistados tienen en cuenta de alguna manera en la nota final de la asignatura la valoración del trabajo realizado por los alumnos en la resolución de problemas y realización de planos de dibujo. Aproximadamente la mitad de ellos utilizan esa valoración para aumentar sensiblemente la nota obtenida en el examen final de la asignatura caso de que la valoración sea positiva. En estos casos, el porcentaje asignado al trabajo del alumno sobre la nota final de la asignatura es aproximadamente del 10%. Los trabajos se devuelven corregidos para que el alumno sepa dónde comete errores, y posibilite la autorregulación, aunque no se puntúan sistemáticamente, sino que se hace una valoración global del trabajo realizado al final del curso. La otra mitad de los profesores corrige y puntúa cada trabajo semanal presentado, siendo en esta caso mayor el porcentaje asignado en la nota final a dicho trabajo, oscilando entre un 20 y un 30% de la calificación total. Dos de estos últimos profesores entrevistados realizan además controles de evaluación aproximadamente cada dos meses, acercándose de esta manera a un tipo de sistema de evaluación procesual, y que facilita la autorregulación del alumno.

### **Ejemplo 9**

**Entrevistador (E):** *¿Qué sistema de evaluación sigues?*

**Profesor (P):** Yo voy corrigiendo las láminas y devolviéndolas corregidas, pero realmente, puntuar, no significan más que, digamos, una especie de premio, después de haber hecho el examen final, y haber puesto esa nota como definitiva. Utilizo la información de las láminas a

las que he puesto nota, para subir la nota a quienes las han hecho bien. En el caso de que hayan aprobado el examen. Si no, no toco la nota para nada.

**(E):** ¿Para qué se recogen las láminas, se corrigen, y se puntúan?

**(P):** Para que ellos vean dónde se cometen errores, porque hay para mí en dibujo dos cuestiones: Una es, lo que es la explicación de la teoría, y la aplicación de esa teoría, y otra es, cómo se aplica eso en el dibujo. Es curioso que la teoría la pueden hacer perfectamente, pero la aplicación es totalmente inadecuada, se puede presentar totalmente sucia, con una visualización de microscopio, sin nombre,...no había un esquema a la hora de trabajar. Eso se ha ido perdiendo, la presentación de los dibujos.

## **Ejemplo 10**

**Entrevistador (E):** ¿Qué *sistema de evaluación* sigues?

**Profesor (P):** Tenemos dos cuatrimestres, liberatorios hasta septiembre. En cada cuatrimestre, se hace un control a los dos meses aproximadamente. Se hacen láminas, en un cuaderno de ejercicios que se renueva anualmente, y en el que están incluidos ejercicios de exámenes anteriores, de manera que pueden ver el nivel exigido. Cada semana se hacen un par de láminas. Se corrigen las láminas, que junto con la actitud mantenida en clase, la asistencia a tutorías, y la participación, se pone una nota, que constituye el 30% de la nota del curso. El examen vale el 70%. Si la nota del curso bajara la obtenida en el examen, no se tiene en cuenta.

**(E):** ¿Cuál es el objetivo de la realización de láminas?

**(P):** Pensamos que esta asignatura es fundamentalmente práctica, y de esta manera, haciendo láminas, van adquiriendo habilidad, oficio, van aprendiendo.

**(E):** ¿Corregís las láminas?

**(P):** Sí, aunque no todos los profesores ponen nota lámina a lámina. Depende del tiempo y la carga lectiva. Yo hago una valoración global del trabajo realizado, fijándome en los errores que se van cometiendo para comentarlos en clase. Me sirve para ver si están asimilando, o no.

En resumen, de los resultados del análisis realizado a las entrevistas realizadas al profesorado se observan por un lado diferentes tendencias a la hora de contestar a las cuestiones sobre programación, estrategias didácticas y sistema de evaluación. Algunas de las respuestas se aproximan o contienen en parte aspectos del modelo de enseñanza-aprendizaje propuesto en este trabajo de investigación, aunque ésta tendencia no es mayoritaria entre el profesorado. Teniendo en cuenta que el objetivo de este análisis es determinar aquellos aspectos en los cuales se presentan deficiencias didácticas de cara a

proponer mejoras en los mismos, nos referiremos en adelante a esos aspectos susceptibles de mejora, sin citar los aspectos que desde un punto de vista didáctico se desarrollan correctamente. En general, teniendo en cuenta las coincidencias mayoritarias dadas a las distintas cuestiones, concluimos que:

- No se toman en consideración los conocimientos previos de los estudiantes a la hora de elaborar, llevar a la práctica, o readaptar a las necesidades de los alumnos la programación y las estrategias didácticas a seguir.
- El profesorado centra sus esfuerzos en la enseñanza de los contenidos teóricos o conceptuales, presentando deficiencias didácticas en el tratamiento de los contenidos procedimentales (no se tratan en general sistemáticamente en clase, sino respondiendo a dudas individuales en el aula o en tutorías).
- Las posibles dificultades procedimentales de los alumnos en la resolución de los problemas de visualización no están explicitadas, y por lo tanto no se han desarrollado estrategias didácticas específicas para su tratamiento.
- Algunos contenidos están siendo expuestos excesivamente compartimentados (en dos bloques temáticos: “diédrico”, y “dibujo técnico”), existiendo el riesgo de que el alumno no interrelacione los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas.
- El sistema de evaluación se centra fundamentalmente en el examen final, estando parcialmente considerada la evaluación procesual que permite conocer el grado de asimilación y aprendizaje de los alumnos, a través de la realización de láminas.
- Se utiliza el ordenador como herramienta de trazado en las prácticas de CAD, sin que éste se haya integrado en la docencia como herramienta didáctica.

Como resultado de este análisis, damos por válidas las consecuencias contrastables de la primera hipótesis, relativas a las deficiencias didácticas que se presentan en la enseñanza habitual (apartado 3.3).

#### 4.2. RESULTADOS CENTRADOS EN EL ANÁLISIS DEL APRENDIZAJE LOGRADO POR LOS ESTUDIANTES EN LA ENSEÑANZA HABITUAL.

En el apartado 3.5 se mostró el diseño de una entrevista semiestructurada para determinar los pasos, pautas y procedimientos que siguen los alumnos cuando tienen que resolver problemas de visualización de piezas, y para detectar posibles deficiencias y dificultades conceptuales o procedimentales que presentan en ellas.

Para realizar el análisis de las entrevistas realizadas resulta necesario seguir un protocolo de corrección en el que se encuentren estructurados los pasos seguidos por los alumnos en la resolución del problema, y categorizar posteriormente las distintas respuestas o formas de razonamiento que encontremos.

Como ya se indicó en el apartado 3.5, en el que se exponían los diseños centrados en el aprendizaje logrado en la enseñanza habitual, el protocolo de corrección se ha desarrollado por un lado, a partir de la revisión bibliográfica en aspectos de resolución de problemas y contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas (apartado 1.2.2.4), y por otro, comparando los pasos seguidos por los estudiantes con otras secuencias consideradas aceptables desde el punto de vista disciplinar o del experto (apartado 1.3).

En base a esa estructuración se han analizado los pasos seguidos por los estudiantes y se han categorizado para cada paso sus respuestas según una línea de razonamiento o deficiencia encontrada. El establecimiento de las categorías e interpretaciones de las respuestas de los entrevistados se ha realizado siguiendo un análisis basado en la observación de los eventos más relevantes para interpretarlos de forma iterativa y negociada con otros expertos (Carrascosa y Gil, 1985). Las categorías sufren por tanto variaciones a partir de la información que se obtiene y esto obliga a considerarlas en constante revisión.

Para cada paso se ha establecido una categoría que constituiría un ejemplo de su desarrollo y realización correcta. En función de las deficiencias encontradas se han definido el resto de categorías para cada paso, indicando el número de alumnos

asignados a cada categoría. Para cada categoría se ha elegido de entre los estudiantes que lo cumplen el ejemplo que mejor ilustre el razonamiento o deficiencia categorizado, comentando y valorando los distintos casos.

De cara a obtener una visión global de las deficiencias y dificultades presentes en el aprendizaje, se expone en el *apartado 4.2.2* un resumen comentado de los resultados, con las conclusiones derivadas de su análisis. La determinación de deficiencias y dificultades servirá para ver cuáles son los conceptos, contenidos teóricos o procedimentales que la enseñanza habitual no considera o no consigue tratar convenientemente para dar lugar a un aprendizaje comprensivo de los alumnos.

En dicho resumen se ligarán los resultados obtenidos con las consecuencias de la primera hipótesis enunciadas en el apartado 3.3, relativas a las deficiencias en el aprendizaje logrado con la enseñanza habitual, como forma de contrastar las hipótesis planteadas con los resultados y darlas por válidas.

Lógicamente, estas consecuencias habrán de tenerse en cuenta a la hora de desarrollar una propuesta alternativa que pretenda corregirlas, y condicionarán la metodología y estrategias didácticas a seguir para lograr ese objetivo.

Este análisis de los resultados que se expone en el siguiente apartado, junto con la revisión bibliográfica, y el análisis del modo de resolución por parte de expertos de los problemas de visualización (apartado 1.2), ha sido uno de los instrumentos utilizados para la concreción de los indicadores de comprensión que sirven para comprobar que los alumnos han asimilado la unidad de visualización correctamente, dando lugar a un aprendizaje comprensivo (apartado 1.4).

#### **4.2.1. Resultados del análisis en la resolución de problemas de visualización.**

Se expone a continuación el análisis de resultados en base al protocolo de corrección mencionado anteriormente, con comentarios, valoraciones, y ejemplos ilustrativos.

## **A. ANÁLISIS CUALITATIVO.**

En primer lugar, el alumno realiza un reconocimiento general de las vistas del enunciado tratando de encontrar alguna información significativa sobre la pieza que pueda servirle de pista en la resolución del problema.

En este análisis tendremos en cuenta, por un lado, cuáles son las variables analizadas (A.1), y por otro, la estrategia de análisis seguida (A.2).

### **A.1. ANÁLISIS DE VARIABLES.**

Podríamos considerar tres niveles de aproximación cualitativa en este reconocimiento, en función de las variables analizadas: análisis del volumen (A.1.1), análisis de superficies (A.1.2), o análisis de vértices (A.1.3).

#### **A.1.1. Análisis del volumen.**

La mayoría de estudiantes tratan de definir en una primera aproximación global el volumen ocupado por la pieza (A.1.1), y en los casos en los que es posible (pieza 1) trata de descomponerla en formas primitivas geométricas en las que pueda estar compuesta (análisis por sólidos, A.1.2).

##### A.1.1.1.- Volumen total ocupado por la pieza.

Este paso sirve para hacer una primera “aproximación volumétrica” de la pieza, determinando sus dimensiones totales, y definiendo aproximadamente su forma global exterior, aunque luego habrá que determinar claramente sus elementos interiores. No se obtiene la solución, pero esa información puede ayudar en la resolución del ejercicio al tener desde un comienzo una idea aproximada de la forma final de la pieza que vamos a obtener.

Podríamos establecer tres formas de respuesta en este paso: quienes trazan un prisma envolvente a la pieza (A.1.1.1), quienes tratan de relacionar el volumen de la pieza con

algún objeto conocido (A.1.1.2), y quienes tratan de analizar la pieza por sólidos, descomponiéndolo en formas geométricas elementales (A.1.1.3).

A.1.1.1.1. Trazado del prisma envolvente: algunos alumnos trazan un prisma que coincide con las dimensiones totales de la pieza, y que contendría en su interior la pieza que tratamos de definir y que posteriormente tratarán de concretar y dibujar. El prisma es utilizado además como referencia para el posterior trazado de la pieza en perspectiva.

*En la pieza 1, 7 de ellos (de 12) dibujan el prisma envolvente.*

*En la pieza 2, 5 de ellos dibujan el prisma envolvente.*

*En la pieza 3, 7 de ellos dibujan el prisma envolvente.*

Si analizamos las líneas de coherencia en cuanto a si un procedimiento se utiliza en todos los problemas planteados o se prescinde de él por alguna razón, observamos que:

*5 de los 12 alumnos, no dibujan el prisma envolvente en ninguna de las tres piezas*

*5 de ellos, dibujan el prisma envolvente en las tres piezas*

*2 de ellos, la dibujan en las piezas 1 y 3, y prescinden de su utilización en la pieza 2.*

Es decir, la mayoría de ellos, utilizan el procedimiento de trazado del prisma (7 de 12), aunque en dos ocasiones prescinden de él. Este cambio tiene su justificación teniendo en cuenta que la pieza 2, como ya se ha comentado anteriormente, tiene dos vértices salientes que pueden ser situados en la perspectiva para utilizarlos como referencia para el trazado del resto de líneas y planos, sin tener que dibujar necesariamente el prisma envolvente.

Así pues, podemos establecer tres categorías en el trazado del prisma envolvente:

Categorías en el trazado del prisma envolvente	Nº Alumnos
- <i>Dibuja siempre un prisma envolvente para hacer una aproximación volumétrica de la forma de la pieza y para utilizarla como referencia para el trazado.</i>	
<i>En la pieza 1</i>	7
<i>En la pieza 2</i>	5
<i>En la pieza 3</i>	7

- Valora la conveniencia de dibujar o no el prisma envolvente. Cuando la pieza tiene forma de prisma lo utiliza; si no (en la pieza 2), prescindir de él.	2
- Prescindir del trazado del prisma envolvente (en todas las piezas)	5

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “dibuja siempre un prisma envolvente para hacer una aproximación volumétrica de la forma de la pieza y para utilizarla como referencia para el trazado” (Iurgi):*

**Entrevistador (E):** Bueno, dime lo que vas a ir haciendo.

**Alumno (A):** Yo, siempre, para ver la pieza en perspectiva, o sea, cómo es más o menos, pienso en algo como un cubo, y lo primero que hago es dibujar el cubo.

*Otro ejemplo de respuesta clasificado en la categoría anterior “dibuja siempre un prisma envolvente para hacer una aproximación volumétrica de la forma de la pieza y para utilizarla como referencia para el trazado” (Sandra):*

**(E):** ¿Por qué o para qué dibujas el prisma?

**(A):** Pues, es que sin el cubo es más difícil dibujar la pieza.

**(E):** ¿Más difícil?

**(A):** Bueno, lo difícil es ver la pieza, pero una vez que lo ves, pues, para dibujarlo bien, o sea más o menos proporcional, pues ayuda bastante, para situar bien los planos, y eso.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Valora la conveniencia de dibujar o no el prisma envolvente. Cuando la pieza tiene forma de prisma lo utiliza; si no, prescindir de él” (Mikel, utiliza el prisma en la pieza 1 y 3, y prescindir de él en la pieza 2):*

**Entrevistador (E):** En este ejercicio no has dibujado un prisma envolvente. ¿Por qué no? Has dibujado la base de la pieza, pero no el prisma, el volumen que ocupa.

**Alumno (A):** Es que en este caso..., la pieza no es...cúbica, de forma cúbica.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “prescindir del trazado del prisma envolvente” (Asier):*

**(E):** Veo que, normalmente, no dibujas un prisma para trazar la perspectiva. No lo has hecho en esta pieza, ni en la anterior.

**(A):** Normalmente sí.

**(E):** ¿Lo usas a veces?

**(A):** Sí, según, para poner las alturas, o así.

**(E):** ¿Y por qué no los usas en estas dos?

**(A):** Pues, no sé, me han parecido fáciles. Si no me sale, ya lo dibujaré.

...(Finalmente no lo utiliza en ninguna pieza).

A.1.1.1.2. Relación volumétrica o de forma con objetos conocidos: algunos alumnos tratan de relacionar la pieza con algún objeto conocido que se asemeje en su volumen o forma al del enunciado. Esta aproximación delimita más la forma exterior de la pieza que la categoría anterior, ya que el objeto conocido con el que se relaciona la pieza es generalmente más detallado, en volumen y forma, que el prisma envolvente.

De los tres enunciados propuestos en la entrevista sólo la pieza dos tiene alguna relación o forma parecida a algún objeto conocido. En concreto, 5 de los alumnos la relacionan con una forma piramidal, y otro alumno, se refiere a él como si se tratara de un “rubi”. *Es decir, de 12 alumnos, 6 relacionan la pieza con algún objeto conocido.*

Se da un caso, quizá no demasiado representativo al tratarse de un único alumno, pero que mostramos a continuación como ejemplo de deficiencia o dificultad de visualización, ya que el alumno afirma no poder interpretar aquellas piezas que no guarden relación con objetos conocidos.

Así pues, establecemos las siguientes categorías:

Categorías en la relación volumétrica con objetos conocidos	Nº Alumnos
- <i>Relaciona el volumen o la forma de la pieza con un objeto conocido.</i>	6
- <i>No consigue interpretar aquellas piezas que no guarden relación con objetos conocidos.</i>	1
- <i>No mencionan relación volumétrica con objetos conocidos.</i>	5

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “relaciona el volumen o la forma de la pieza con un objeto conocido” (Iñaki):*

**Entrevistador (E):** Ésta es la segunda pieza. También aquí tienes que dibujar la perspectiva y decir todo lo que vas pensando o deduciendo.

**Alumno (A):** ¿Pero qué es esto, tío...? Abajo tiene un montón de líneas, y arriba, pocas...Son todo triángulos...Bueno, al menos se ve que es como una especie de pirámide, o sea, que tiene la base cuadrada, y que termina en punta.

**(E):** Entonces, en una primera aproximación global, la comparas con una pirámide.

**(A):** Sí. Aquí hay una punta, y aquí la otra. Hay dos puntas, una más alta, y la otra a menos altura. Y estos planos están inclinados, seguro.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría "No consigue interpretar aquellas piezas que no guarden relación con objetos conocidos" (Maitane):*

**Alumno (A):** Esta línea discontinua significa que detrás hay otro plano, como si le faltara..., es que..., no sé, yo creo..., que es como un rubí, o algo así.

**Entrevistador (E):** Un rubí.

**(A):** Sí, es que, no sé..., luego seguro que os reís.

**(E):** No, no, en absoluto, lo que estás haciendo es relacionar esa pieza con algún objeto que te resulta conocido.

**(A):** Sí, es que claro, a mi me pones este plano y no sé decirte qué plano le corresponde en la otra vista, pero me pones una pieza con agujeros, y esas me resultan más fáciles de identificar. En los conjuntos, por ejemplo, veía qué era la pieza o para qué servía, pero me has puesto esta pieza y..., yo no sé si en la vida real existirá algo parecido a esto, pero es que, no lo veo. Y aunque lo sacara, me digo, ¿esto cómo será?, porque para mí no tiene sentido.

**(E):** Tiene que ser una pieza conocida o parecida a algo que conoces.

**(A):** Sí.

**(E):** Tiene que tener una conexión con la realidad; si no, no ves la pieza.

**(A):** Eso es.

#### A.1.1.2.- Análisis por sólidos.

En algunos casos se puede considerar que la pieza está compuesta por volúmenes o partes con formas geométricas elementales, que pueden ser tratadas y analizadas cada una de ellas independientemente. En los tres problemas propuestos, es la Pieza1 la que cumple esta característica.

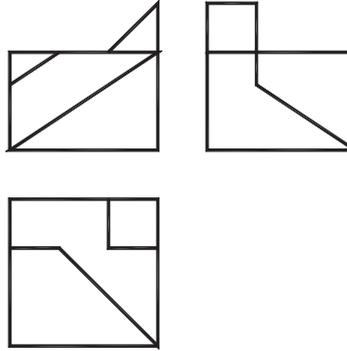
8 de los 12 alumnos entrevistados la consideran compuesta por dos sólidos o formas geométricas elementales: una, la parte superior o "cuña", y otra, la parte inferior, o "prisma rectangular", señalados al exponer los criterios de elección de las piezas. Esta consideración se refleja además al dibujar el prisma envolvente de la pieza, que para este caso lo circunscriben a la parte inferior de la pieza.

Así pues, podemos establecer dos categorías en el análisis por sólidos:

Categorías en el análisis por sólidos	Nº Alumnos
- <i>Considera la pieza como composición de primitivos geométricos.</i>	8
- <i>No considera la pieza como composición de primitivos geométricos.</i>	4

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Considera la pieza como composición de primitivos geométricos” (Naiara):*

PIEZA 1:



(E): Ahora, ¿en qué estás pensando?

(A): En que esto..., es una pendiente.

(E): Te estás fijando en la parte superior, ¿no? (triángulo superior).

(A): Sí.

(E): ¿Por qué?

(A): Porque sobresale. Es como un pico, como una cuña.

...

(E): En las piezas 2 y 3, has dibujado un prisma que envuelve toda la pieza, y que tiene sus dimensiones de altura, anchura y profundidad. Sin embargo, en la pieza 2 lo has hecho sólo para su parte inferior. ¿Por qué esa diferencia?

(A): Bueno, no sé, es que en esa pieza hay como dos partes, ¿no?, o sea, la de abajo es como un rectángulo y entonces dibujo el prisma para dibujar mejor la pieza, bueno, esa parte de la pieza, pero para la de arriba, pues, no me hace falta, es que está encima del rectángulo, y está claro cómo es.

### **A.1.2.- Análisis de superficies.**

Se analiza la pieza no ya a nivel de volumen, sino a nivel de superficies, centrándose en sus proyecciones (sean áreas definidas por un contorno de aristas, o bien, líneas), y prestando atención a variables como la forma, configuración de las aristas (paralelismos), visibilidad, etc. El análisis de estas variables servirá para identificar los tipos de plano presentes en la pieza (paralelos, perpendiculares, u oblicuos, respecto a los planos de proyección), y su posición.

La atención del alumno parece centrarse en este caso más que en las formas de las superficies (número de lados del contorno) y la configuración de las aristas (paralelismos), en las líneas inclinadas, y en las líneas ocultas.

#### A.1.2.1. Análisis de la forma de las superficies.

Hay una técnica de visualización que implica la identificación de aquellas vistas en las que la superficie tiene una configuración y número de lados similares. La forma o configuración similar es útil en la visualización de objetos que tengan planos perpendiculares a los de proyección (planos inclinados), o planos oblicuos.

Por ejemplo, si una superficie inclinada tiene cuatro aristas con los lados opuestos paralelos, entonces la superficie aparecerá con cuatro lados con las aristas opuestas paralelas en todas las vistas, a menos que la superficie se vea como una arista. Al fijarnos en la forma de una superficie, es decir, en el número de lados del contorno y su configuración (paralelismo entre aristas, por ejemplo), estamos analizando una variable de las superficies que sirve para corresponder posteriormente las proyecciones de una superficie de una vista a otra, y determinar así el tipo de plano que las produce.

En la pieza 1, *ningún alumno* menciona durante el proceso de resolución la forma de las superficies. Es decir, ninguno trata de fijarse en la forma de las superficies para encontrar la proyección correspondiente similar en forma en las otras vistas. La única forma similar que se repite de una vista a otra es la del único plano oblicuo presente en esta pieza, que mantiene además el paralelismo entre dos de sus aristas opuestas. Tampoco realizan el recuento del número de lados del contorno de las superficies, lo cual serviría en este caso para identificar rápidamente los 4 planos paralelos a los de proyección que tiene, y el plano perpendicular a la vista alzado, ya que al no coincidir el número de lados del contorno de un área en una vista con el número de lados del contorno de las proyecciones que se encuentran en la misma posición en las otras vistas, necesariamente su proyección es una recta y no un área limitada por aristas.

En la pieza 2, *5 alumnos de los 12* entrevistados mencionan que la pieza tiene una base cuadrada, única superficie que no es triangular en esta pieza. En este caso, estos cinco alumnos han detectado el tipo de plano paralelo al suelo casi inmediatamente al fijarse

en el número de lados del contorno del cuadrado y ver que no coincide con el número de lados del contorno del resto de proyecciones en la otra vista, que son triángulos.

En la pieza 3, 5 de los 12 alumnos entrevistados comentan que está formado por mayoría de planos cuadrados, pero se trata de un comentario que realizan sin extraer conclusión alguna posterior. En esta pieza, hay una única superficie triangular y otra trapezoidal en el alzado, por lo que, tienen que tratarse de planos paralelos al alzado. Sin embargo, ninguno de los alumnos comenta estas dos características en el análisis cualitativo inicial.

Concluimos por tanto que la mayoría de los alumnos (12 en la pieza 1, 7 en la pieza 2, y 7 en la pieza 3), no recurre al análisis de la forma de las superficies (configuración de las aristas y número de lados del contorno) como forma de identificar los tipos de plano presentes en el análisis cualitativo inicial.

Así, pues, establecemos las siguientes categorías en este análisis:

Categorías en el análisis de la forma de las superficies	Nº Alumnos
- <i>Analiza la forma de las superficies en el análisis cualitativo inicial</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	<i>0</i>
<i>En la pieza 2:</i>	<i>5</i>
<i>En la pieza 3:</i>	<i>5</i>
- <i>No analiza la forma de las superficies en el análisis cualitativo inicial</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	<i>12</i>
<i>En la pieza 2:</i>	<i>7</i>
<i>En la pieza 3:</i>	<i>7</i>

Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “*Analiza la forma de las superficies en el análisis cualitativo inicial*” (Naiara) (aunque sólo en la pieza 2):

(A): En este ejercicio he empezado mirando la vista planta.

(E): ¿Y por qué la vista planta?

(A): Porque se ve que la base es cuadrada,...y eso.

(E): ¿Y cómo has deducido eso? Lo has comentado casi inmediatamente. Parece que te ha resultado fácil, ¿no?

(A): Bueno, sí, es que, como en el alzado son todo triángulos, y en la planta se ve un cuadrado, y como su anchura sólo aparece en el alzado en la línea horizontal que está sobre el suelo..., pues, tiene que tener la base cuadrada. Está claro.

(E): ¿Y el resto de planos triangulares?

(A): Bueno, esos, así, de primeras, no sé todavía cómo son. Como hay tantos y son todos triángulos, no sé cuál es cual (cuál es el correspondiente a una proyección triangular del alzado en la planta).

#### A.1.2.2.- Líneas inclinadas.

Los alumnos tratan de ver si existen líneas inclinadas o en pendiente en el enunciado, como forma de plantearse a título de hipótesis, que de los posibles tipos de planos que pueden componer la pieza, la línea en pendiente sea la proyección de un plano perpendicular a la vista en la que se encuentra, o sea una arista del contorno de un plano oblicuo. Es decir, centran su atención en las líneas inclinadas, para determinar si hay en la pieza planos en pendiente (ya sean perpendiculares a un plano de proyección, o bien, planos oblicuos).

*En la pieza 1, 9 alumnos hacen referencia a “líneas y planos inclinados o en pendiente”, en la pieza 2, 3 alumnos, y en la pieza 3, 8 alumnos. De todas maneras, todos ellos (los 12 entrevistados), en alguna o varias de las piezas mencionan dichas pendientes.*

El hecho de que en la pieza 2 se mencione menos esa característica se debe probablemente a que prácticamente todas las líneas del enunciado (excepto las correspondientes a la base cuadrada) son inclinadas, y por ello, no las destacan o mencionan aunque se hayan percatado de ello.

Se detecta una deficiencia en la definición de los tipos de plano, ya que todos ellos nombran como “pendiente” tanto a los planos perpendiculares a los planos de proyección, como a los planos oblicuos, sin distinguirlos verbalmente, aunque posteriormente al resolver el problema las visualicen o dibujen correctamente. *Ningún alumno emplea la palabra “oblicuo”.*

Asimismo, se detecta una dificultad especial por parte de algunos alumnos que afirman tener problemas para visualizar mentalmente esos planos oblicuos: *5 de los 12 alumnos comentan esta dificultad en algún momento de la entrevista.*

Así pues, establecemos las siguientes categorías en el análisis de las líneas inclinadas.

Categorías en el análisis de líneas inclinadas	Nº Alumnos
- Relaciona líneas inclinadas con la existencia de planos en pendiente en la pieza en alguna de las piezas	12
- Define los planos oblicuos con la expresión general “pendiente”, sin nombrarlo específicamente como oblicuos	12
- Tiene dificultades para visualizar mentalmente un plano oblicuo	5

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “relaciona líneas inclinadas con la existencia de planos en pendiente en la pieza” (Mikel):*

(A): Aquí tiene que haber una pendiente.

(E): ¿Por qué dices que tiene que haber una pendiente?

(A): ...

(E): ¿Tal vez porque casi siempre hay una pendiente en las piezas? ¿Porque hay líneas inclinadas?

(A): Puede ser. Es que..., estando aquí estas dos rayas inclinadas (señala las correspondientes al plano oblicuo de la pieza 1 en el alzado)...me imagino que se tratará de alguna pendiente.

(E): Entonces, has visto estas dos líneas inclinadas, y supones que tiene que haber planos en pendiente en la pieza.

(A): Sí, me imagino.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “define los planos oblicuos con la expresión general “pendiente”, sin nombrarlo específicamente como oblicuos” (Julen):*

(E): Entonces, te sueles fijar en las líneas inclinadas.

(A): Sí, en éstas (las señala)... Y he visto..., sí, aquí, que es..., que hay una pendiente, pero que está inclinada, no sé cómo explicarlo (se refiere a un plano oblicuo).

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “tiene dificultades para visualizar mentalmente un plano oblicuo” (Naiara):*

(E): ...¿Y has entendido cómo es esa pendiente? (refiriéndose al plano oblicuo de la pieza 1).

(A): En la vista de perfil, no, no puedo (no encuentra su proyección correspondiente).

(E): ¿Y entiendes entonces qué es?

(A): No, he pensado, que tal vez esto (la proyección del plano oblicuo en el alzado), es una pendiente, no sé... Voy a empezar a dibujar a ver si lo veo.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la misma categoría anterior (Julen):*

(A): ...Luego me fijo en estas rayas (señalando las líneas inclinadas del plano oblicuo de la pieza 1), porque con esas me suelo liar mucho, con esas líneas, y primero suelo intentar pues eso, ver a ver qué son.

#### A.1.2.3. Líneas ocultas.

Los planos o líneas ocultas únicamente indican que están detrás de otros con relación al observador, es decir, dan una información acerca de la posición y visibilidad de esos planos respecto al observador en la dirección de proyección.

En los problemas propuestos, sólo la segunda pieza tiene una línea oculta, característica que mencionan en algún momento del proceso de deducción *7 de los 12 alumnos*. Dos de ellos, además, lo hacen reflejando una deficiencia en su interpretación, en el sentido de que evitan analizarla, prescindiendo de una información que no debiera ser desechada.

Así pues, las categorías de respuesta establecidas para la visibilidad son:

Categorías en el análisis de líneas ocultas	Nº Alumnos
- <i>Analiza las líneas ocultas como fuente de información sobre la posición y visibilidad de los planos.</i>	5
- <i>Evita la interpretación de las líneas ocultas</i>	2
- <i>No menciona las líneas ocultas en el proceso de deducción</i>	5

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “analiza las líneas ocultas como fuente de información sobre la posición y visibilidad de los planos” (Maitane):*

(A): ...y estos puntos discontinuos significan que detrás hay un plano que no se ve.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “evita la interpretación de las líneas ocultas” (Mikel):*

(A): ¿Aquí no hay líneas ocultas? (refiriéndose a la vista planta).

(E): No.

(A): Bueno, entonces, voy a empezar fijándome primero en la vista planta, ¿no?

(E): ¿Por qué en la vista planta?

(A): Porque no tiene rayas ocultas.

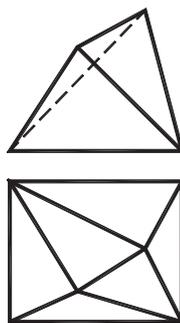
A.1.2.3. Recuento de áreas.

Un caso curioso de análisis de variables lo constituye el “recuento de áreas”, al que ha recurrido *un alumno de los 12 entrevistados*.

Consiste en contar el número de proyecciones, superficies o áreas que aparecen en las distintas vistas. En la pieza 2, por ejemplo, son visibles 4 áreas en el alzado, y 6 en la planta. Esta diferencia significa que, probablemente, dos de las proyecciones presentes en la planta tengan como proyección correspondiente en el alzado una línea, es decir, que no visualizamos un área, sino una línea, y por ello, no está contabilizado en el recuento. Otra posibilidad es que en el alzado un plano tenga el mismo contorno que otro situado delante de él, y que por tanto, quede oculto por el contorno de dicho plano. Son, por tanto, dos, las posibilidades que explican la diferencia en el recuento, posibilidades que posteriormente habrá que discriminar para encontrar la que constituye la solución al problema.

Resumiendo, el recuento de planos sirve para plantear la existencia de *planos proyectantes* (planos perpendiculares a un plano de proyección, o lo que es lo mismo, a la dirección de proyección), o la existencia de *planos ocultos* por otros que tengan el mismo contorno. De todas maneras, en realidad este planteamiento no supone una aportación realmente importante, ya que en la pieza es posible que haya planos proyectantes u ocultos aunque no haya diferencia en el recuento de las vistas. Es más bien una forma de situar en qué vista es seguro que se dan esos casos.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “realiza un recuento de áreas, como forma de plantear la existencia de planos proyectantes u ocultos” (Amaya):*



...

(A): Arriba (en la vista alzado) se ven unas cuantas líneas, pero abajo (en la planta), hay un montón...A ver cuántos planos hay...Uno, dos,...

(E): Perdona, ¿qué estás haciendo?

(A): Estoy contando cuántos planos hay en cada vista. Arriba hay 4, dos delante, y dos detrás, ocultos, porque se ve la línea discontinua, y abajo, veo seis. Así que...

(E): ¿Así que...?

(A): Pues, no sé, pero, me imagino que tiene que haber algún plano de los de abajo que sea inclinado, o sea, que..., no sé cómo decirlo..., o sea, que arriba, pues ves una línea, no una cara.

(E): Te refieres a planos proyectantes.

(A): Como se llame.

(E): Proyectantes son los planos que son perpendiculares a esa vista, o también podríamos decir que son perpendiculares a la dirección de proyección...

(A): Vale, pues eso. Es que no me acuerdo de los nombres.

...

(A): Bueno, igual, también podría ser, que un plano estuviera tapado por otro, y que por eso no lo vea.

(E): Igual.

(A): Bueno, pues voy a ir dibujando, a ver si sale algo. Es que no lo veo claro. Tengo claros algunos planos, pero no todos.

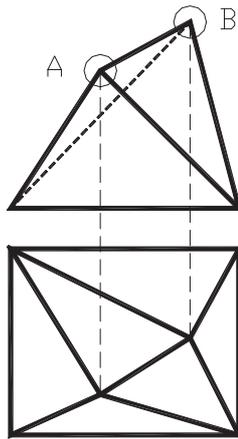
...

(Al final, una vez dibujada la pieza, comprueba otra vez, mediante recuento desde las direcciones alzado y planta, que los planos de la perspectiva dan lugar a las proyecciones del enunciado).

### **A.1.2.- Análisis de vértices.**

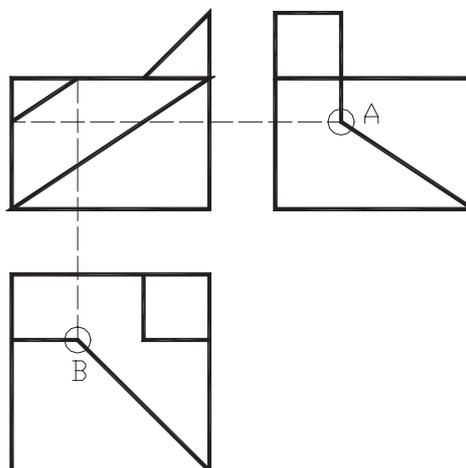
Se analiza aquí si se presta atención a la existencia de vértices salientes, y vértices definidos unívocamente que pudieran servir de referencia en la resolución del problema, y si se recurre a la rotulación de los mismos.

Los puntos que sobresalen indican que hay varios planos inclinados que convergen en ellos. La correcta traslación de esos puntos a la perspectiva es fundamental para el trazado de esos planos. Dibujado el punto en la perspectiva, el trazado de los planos convergentes resulta relativamente sencillo. Esta característica se cumple en la pieza 2.



6 de los 12 alumnos comentan o se fijan especialmente en los dos vértices salientes del alzado en esta pieza.

Algunos alumnos se fijan además en vértices del enunciado que están definidos unívocamente de manera clara, y que se detectan rápidamente, en un primer vistazo global del enunciado. Esta característica se cumple en la pieza 1.



3 de los 12 alumnos recurren a la rotulación de esos vértices, o a corresponderlos entre vistas mediante el trazado de líneas auxiliares que las unen.

Así pues, podemos establecer las siguientes categorías:

Categorías en el análisis de vértices	Nº Alumnos
- Recurre al análisis de vértices, cuando éstos sobresalen (en la pieza 2)	6
- Recurre al análisis de vértices definidos unívocamente (en la pieza 1)	3

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Recurre al análisis de vértices, cuando éstos sobresalen” (Mikel):*

(E): ¿Qué has hecho ahora?

(A): Pues, fijarme dónde están estos dos puntos (los dos vértices salientes)

(E): ¿Por qué te has fijado en esos dos puntos?

(A): Pues, porque, están arriba, y entonces, para dibujar más fácil.

(E): Los puntos te han llamado la atención.

(A): Sí, para cogerlos como referencia.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Recurre al análisis de vértices definidos unívocamente” (Amaya):*

(E): ¿Porqué dibujas esas líneas auxiliares?

(A): Para ver dónde está este punto en la otra vista.

(E): ¿Y lo haces con todos los puntos?

(A): No, más bien, con los puntos que está claro dónde están. Este por ejemplo, tiene que ser este otro por narices, pero hay otros puntos que no se dónde están, o sea, este otro por ejemplo, podría ser éste o este otro (señala un vértice que al pasar a otra vista podría corresponder a dos puntos distintos).

(E): ¿Y para qué haces eso?

(A): Hombre, así tengo al menos situados varios puntos claramente. Me sirve para ir deduciendo la pieza, para ir aclarándome.

## A.2. ESTRATEGIAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Durante la entrevista se ha anotado cómo se procesa, se analiza y se gestiona la información presente en el enunciado de los problemas. Se ha centrado la atención especialmente en el orden de elección de los elementos (la secuencia de análisis), el nivel del elemento que se ha elegido para su identificación (plano, recta o punto), así como el orden de correspondencia de proyecciones que han seguido (es decir, de qué vista a qué vista pasan para tratar de encontrar la correspondencia).

Tras el análisis posterior de los datos recogidos, se han considerado los siguientes aspectos en las estrategias de análisis de la información seguidas:

### A.2.1. Disgregación.

Ya se ha comentado al exponer los distintos ejemplos de análisis cualitativo (A1.1.2. Análisis por sólidos), que la mayoría de los alumnos realizan, cuando es posible, una disgregación de la pieza en volúmenes o partes diferenciadas, para tratar independientemente cada una de ellas. Haciendo una analogía con la resolución de problemas en otras asignaturas, este hecho constituye una estrategia de división del problema en subproblemas, es decir, se divide el todo en partes elementales que puedan ser analizadas y resueltas independientemente.

En la pieza 1, la única de las tres propuestas en la que se puede seguir esta estrategia, 8 de los 12 alumnos recurren a la disgregación de la pieza en dos partes elementales: “cuña”, y “prisma rectangular”.

Categorías en la disgregación	Nº Alumnos
- <i>Disgrega la pieza en primitivas geométricas para su análisis independiente</i>	8
- <i>No disgrega la pieza</i>	4

Ya se ha expuesto un ejemplo de esta estrategia al exponer las categorías de análisis cualitativo (A.1.1.2).

### A.2.2. Orden de análisis de las vistas.

Como se ha comentado anteriormente también se ha anotado y analizado el orden de correspondencia entre vistas que han seguido, es decir, de qué vista a qué vista pasan para tratar de hacer la correspondencia.

Teniendo en cuenta que la normalización en el dibujo técnico habla del alzado como vista principal, en el sentido de que al realizar la representación de un objeto se debe elegir como alzado el punto de vista que más información da sobre las características de

la pieza, ésta es la vista en la que se debería centrar inicialmente la atención para un primer análisis del enunciado. En los tres problemas de visualización planteados la vista alzado corresponde efectivamente a aquella que cumple esta condición.

En cuanto al orden seguido a continuación, es decir, si se sigue por la vista perfil o por la planta, sólo es posible realizar este análisis en la pieza 1, ya que es la única de las tres que tiene las tres vistas. En las piezas 2 y 3, únicamente se analiza si se comienza por la vista alzado, o por la vista planta.

*Comienzan por el alzado o vista principal: 10 de los 12 alumnos en la pieza 1, 8 en la pieza 2, y 10 en la pieza 3, es decir, la gran mayoría.*

*De quienes empiezan por otra vista, en todos los casos comienzan por la vista planta.* Es curioso observar, que de estos alumnos, 2 en la pieza 1, 4 en la pieza 2, y 2 en la pieza 3, sólo uno consigue llegar a la solución del problema. En principio, no es posible demostrar que esa sea la causa de no llegar a resolver el problema, ya que empezar por el alzado no garantiza que se llegue al final del proceso de resolución. Las posibles causas son variadas y ya están siendo expuestas en éstas páginas, pero podríamos hablar de cierta tendencia, en el sentido de que quienes siguen la estrategia de empezar el análisis del enunciado por la vista planta se encuentran con una dificultad adicional para resolver el problema.

En cuanto al orden seguido a partir del alzado, cuando en el enunciado se disponen de tres vistas, es decir, si se sigue por el perfil, o por la planta, la mayoría opta por la primera de ellas. En la pieza 1, *de 10 alumnos, 6 pasan al perfil, y 4 a la vista planta.* Al igual que en el párrafo anterior, se da la circunstancia de que de los 6 que siguen con el perfil, todos ellos consiguen llegar a la solución, mientras que quienes pasan a la planta, la mitad de ellos (2 de 4) llegan al final. Por tanto, da la impresión de que el análisis de la vista planta representa una dificultad especial para los alumnos. Posteriormente, a la hora de justificar la recomendación de seguir una secuencia de análisis preferida (alzado, perfil, planta), ahondaremos más en este punto.

Se dan además *dos* casos de alumnos que *muestran deficiencias de interpretación de alguna de las vistas*, y que tratan de resolver el problema prescindiendo de la

información que aparece en ellas. Un alumno tiene dificultades de interpretación en la vista planta, y otro en la de perfil, y por ello evitan utilizarlas en el análisis del enunciado.

Así pues, se establecen las siguientes categorías en el orden de análisis de las vistas:

Categorías en el orden de análisis de las vistas	Nº Alumnos
- <i>Comienza el análisis siempre por la vista alzado.</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	<i>10</i>
<i>En la pieza 2:</i>	<i>8</i>
<i>En la pieza 3:</i>	<i>10</i>
- <i>Comienza el análisis siempre por la vista planta.</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	<i>2</i>
<i>En la pieza 2:</i>	<i>4</i>
<i>En la pieza 3:</i>	<i>2</i>
- <i>Sigue la secuencia alzado-perfil-planta (en la pieza 1)</i>	<i>6</i>
- <i>Deficiencia de interpretación de alguna de las vistas</i>	<i>2</i>

*Ejemplo de respuesta clasificado en las categorías “comienza el análisis siempre por la vista alzado”, y “sigue la secuencia alzado-perfil-planta” (Ruben):*

**(E):** ¿Qué has hecho primero?

**(A):** Mirar el alzado.

**(E):** Pero también estás mirando el resto de vistas, ¿no?

**(A):** Sí, éste, el alzado, y luego éste, el de perfil.

**(E):** El de planta en pocas ocasiones, o...

**(A):** El último.

**(E):** ¿Por qué empiezas por el alzado?

**(A):** Porque se supone que es ahí donde se da más información de la pieza, ¿no? Nos solías decir que eligiéramos como alzado la vista que mejor enseñaba cómo es la pieza, ¿no?

**(E):** ¿Y por qué ese orden, pasando de alzado a perfil, y no, por ejemplo, alzado, luego planta, y terminar en el perfil?

**(A):** Pues no sé, creo que es lo más fácil. No sé...En la planta tienes que ver desde arriba, e igual es más difícil.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “comienza el análisis siempre por la vista planta” (Asier):*

**(E):** En este problema (pieza2), has mirado las dos vistas, pero veo que te centras más en la planta.

**(A):** Sí. Normalmente, tengo la costumbre de empezar por la planta.

**(E):** ¿Te gusta más, la usas más por algo?

**(A):** Bueno, da más información.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Deficiencia de interpretación de alguna de las vistas”. No domina ni utiliza la información de la vista planta (Sandra):*

(E): ¿En qué vistas miras para hacer la correspondencia?

(A): Pues, en el alzado, y en el perfil, para ir situando los planos.

(E): Alzado y perfil. ¿Y la vista planta, no la usas?

(A): Bueno, algo, pero casi no la miro.

(E): ¿Entonces, no la utilizas?

(A): Es que no veo bien esa vista, y utilizo sobre todo las otras dos.

(E): Entonces ves mejor la información que aparece en el alzado y el perfil. Te resultan más fáciles de interpretar.

(A): Sí.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Deficiencia de interpretación de alguna de las vistas”. No domina ni utiliza la información de la vista perfil (Maitane):*

(E): Normalmente, ¿qué haces?, miras las tres vistas, empiezas siempre por alguna en particular...

(A): Esta vez he comenzado por ésta (alzado), pero normalmente igual empiezo más por la planta.

(E): Normalmente por la planta.

(A): Sí. Es que eso depende también de la pieza. Y esta vista, la de perfil, casi no la uso para nada.

(E): No utilizas la vista de perfil.

(A): Normalmente, no; me lío.

(E): Entonces, contrastas las dos vistas alzado y planta; la de perfil no la usas.

(A): No.

### **A.2.3. Secuencia de análisis de elementos de la pieza.**

Se analiza aquí cuál es el orden de análisis de los elementos de la pieza seguido.

En la pieza 1, 8 de los 12 entrevistados comienzan por el plano oblicuo, como consecuencia del análisis cualitativo en el que las líneas inclinadas del alzado les llaman la atención como posibles líneas correspondientes al contorno de un plano en pendiente.

En la pieza 2, 9 de los 12 entrevistados comienzan el análisis de superficies por el plano que se encuentra situado en el alzado a altura cero. En este caso, siendo todos los planos triangulares, no hay ninguna superficie que en principio les llame la atención o destaque del resto. Habiendo en el alzado únicamente 2 planos visibles, siguen la secuencia de análisis de abajo hacia arriba.

En la pieza 3, 11 de los 12 alumnos entrevistados comienzan el análisis por alguno de los dos planos no cuadrados que se encuentran en el alzado, es decir, los únicos distintos respecto al resto de planos (7 por el plano trapezoidal, y 4 por el plano triangular).

Resumiendo, la secuencia de análisis consiste en comenzar por aquel plano que llama la atención del alumno o es “distinto” al resto del enunciado, en general un plano en pendiente, en la creencia de que esa distinción les pueda dar alguna pista y sea más fácil de definir que el resto de planos. Si no hay en principio nada que destaque especialmente, la mayoría de los alumnos opta por el plano que se encuentra en el alzado a altura cero. Los siguientes planos de la secuencia de análisis son siempre contiguos a alguno anterior ya definido.

Así pues, se establecen las siguientes categorías:

Categorías en la secuencia de análisis de los elementos de la pieza	Nº Alumnos
- <i>Comienza el análisis con el primer elemento que le llama la atención, o lo primero que consigue identificar, y prosigue con los contiguos.</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	8
<i>En la pieza 3:</i>	11
- <i>Comienza por un plano situado a altura cero, si no hay ningún elemento que le llame la atención.</i>	
<i>En la pieza 2:</i>	9

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Comienza el análisis con el primer elemento que le llama la atención, o lo primero que consigue identificar, y prosigue con los contiguos” (Iñaki):*

**(E):** Bueno, entonces, primero miras globalmente las vistas, ¿no?

**(A):** Sí.

**(E):** Y luego te llama la atención algo, y tratas de ver ese plano.

**(A):** Sí. En esta pieza por ejemplo (pieza 3), este plano te llama la atención, porque el resto son cuadrados, y éste, en cambio, tiene otra forma, no es cuadrada, y es más grande.

**(E):** Esa es entonces tu metodología.

**(A):** Sí. Normalmente veo algo, y, o sea, me llama la atención, ¿no?, igual porque es la más sencilla de ver, o igual la más difícil, no sé. En la pieza anterior (pieza 1), por ejemplo, la punta superior se veía muy clara, y he empezado por ahí, pero en ésta, este plano me ha mosqueado y lo he dejado para empezar con otro que sí veo.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la misma categoría “Comienza el análisis con el primer elemento que le llama la atención, o lo primero que consigue identificar, y prosigue con los contiguos” (Amaya):*

(E): Entonces, primero miras la vista alzado.

(A): Sí, a ver, en el alzado...pero igual primero también miro qué es lo que sobresale o así, igual una punta, o algo que tenga especial, a ver si soy capaz de verlo en la cabeza. Yo no puedo coger las tres vistas y ya ver la pieza en la cabeza, pero igual si veo una parte, igual sí. Entonces, empiezo por partes, pero sin ver bien la pieza entera, pues a ver lo que sale.

(E): Entonces, empiezas por aquello que te llama más la atención.

(A): Sí. Trato de ver algo raro, algún pico o..., aquí por ejemplo, lo más raro es esto (línea inclinada), porque todo el resto son rectas, o sea, aquí la única recta que está inclinada es ésta. Así que, entonces, primero dibujo eso, y luego a partir de ahí...pues dibujo esa línea, y ese plano, y de ahí voy sacando más o menos el resto.

(E): Te llama la atención algo raro, lo identificas, y sigues con planos contiguos a lo que has dibujado.

(A): Sí.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “comienza por un plano situado a altura cero, si no hay ningún elemento que le llame la atención” (Ruben):*

...

(E): ¿Por qué has comenzado el análisis por este plano? (plano triangular correspondiente a la pieza 2 en el alzado, que está a altura cero).

(A): Bueno, no sé. Por alguno hay que empezar.

(E): Ya, pero entonces también podías haber empezado por cualquiera de los planos de la vista planta, o por el otro plano triangular que está en el alzado.

(A): ...pues, no sé, tal vez, creo...en principio siempre es mejor empezar de abajo hacia arriba, ¿no? Ves primero lo que está a nivel del suelo, y vas construyendo hacia arriba.

(E): ¿Y por qué no has hecho lo mismo con la pieza anterior? Antes has comenzado por el plano oblicuo, y ése no estaba a nivel de suelo.

(A): Ya, pero antes he empezado por ahí porque he visto las líneas inclinadas. Cuando hay líneas inclinadas suelo empezar por ahí. Ese era el plano que era distinto a los demás, bueno, distinto...no sé, me ha llamado la atención.

(E): Si es por las líneas inclinadas, aquí todos los planos las tienen.

(A): Ya, pero en la pieza uno, ese plano era distinto al resto, y aquí, como todos son triángulos, no hay uno que predomine, que destaque sobre el resto.

(E): Y entonces empiezas de abajo hacia arriba.

(A): Sí, eso creo. La verdad es que nunca me he puesto a pensar en eso, pero parece que sí, que eso es lo que hago.

#### **A.2.4. Nivel de análisis o tipo de elemento analizado (plano, recta o punto).**

La mayoría de alumnos (9 de 12 entrevistados) realizan la correspondencia entre proyecciones a nivel de superficies o planos, aunque hay varios que tienen tendencia a analizar la información casi siempre a nivel de rectas (3 alumnos de 12, en las tres

piezas propuestas), y por tanto, van analizando y dibujando la solución línea a línea, aunque esas líneas correspondan a planos distintos.

También se ha comentado anteriormente, que cuando el alumno ve vértices salientes en la pieza o vértices definidos unívocamente, realiza en este caso particular, la correspondencia entre vistas de esos puntos, pero no como estrategia habitual de nivel de análisis, sino como caso particular tras encontrar la característica comentada al realizar el análisis cualitativo inicial de la pieza. Además, esa correspondencia la hacen únicamente para esos vértices en concreto. Para el resto de la pieza, siguen recurriendo en general a la correspondencia de proyecciones a nivel de planos o superficies. Por consiguiente, no consideraremos este caso particular como categoría en el nivel de análisis en cuanto al tipo de elemento analizado habitualmente. Lo mismo sucede en aquellos casos en los que el alumno analiza las rectas inclinadas que aparezcan en el enunciado, aunque el resto de la información es analizada más bien a nivel de plano.

Así pues, se establecen las siguientes categorías:

Categorías en el nivel de análisis o tipo de elemento analizado	Nº Alumnos
<i>-Realiza la correspondencia entre proyecciones generalmente a nivel de planos.</i>	9
<i>- Realiza la correspondencia entre proyecciones generalmente a nivel de rectas.</i>	3

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “realiza la correspondencia entre proyecciones generalmente a nivel de planos” (Rubén):*

En este ejemplo en particular, el alumno pasa a analizar a nivel de rectas cuando encuentra dificultades de interpretación a nivel de plano, dificultad que parece tener especialmente a la hora de tratar de visualizar planos oblicuos.

...(pieza 2)

**(E):** Has ido en este caso dibujando y uniendo rectas, más que dibujando plano a plano, ¿no?

**(A):** Sí.

**(E):** Y al dibujar las rectas te ha salido el plano.

**(E):** Sí.

(A): Entonces, a veces no ves un plano, y pasas a analizar cada recta, y de esa manera acabas viendo cómo era ese plano.

(A): Sí, este plano por ejemplo (señala uno que es oblicuo).

(E): Al principio, no sabías cómo era ese plano (parece tener dificultades para visualizar planos oblicuos).

(A): No.

(E): Y lo has deducido dibujando las rectas de su contorno.

(A): Sí.

(E): Entonces, en esta pieza, primero has empezado identificando planos, pero luego pasas a nivel de rectas cuando no has podido visualizar alguno de ellos. O sea, que en general vas plano a plano, y de vez en cuando, pasas a rectas.

(A): Sí.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “realiza la correspondencia entre proyecciones generalmente a nivel de rectas” (Leire):*

...(pieza 1)

(A): Y también miro a ver si concuerdan, o sea, miro las cotas.

(E): Y eso es lo que has hecho con estas dos rectas.

(A): Sí.

(E): ¿También lo haces con planos?

(A): Si me doy cuenta sí.

(E): Entonces, ¿haces la concordancia tanto con planos, como con rectas y con puntos?

(A): Con rectas más bien. Y bueno, si me doy cuenta, con planos.

(E): Pero entonces, si te entiendo bien, normalmente más con rectas que con planos.

(A): Sí, más fácil.

...(pieza 2)

(A): Aquí lo que he hecho es, primero mirar las rectas, y mirar pues eso, las cotas, directamente, o sea, cotas y rectas, y luego ver cuál es cuál, mirar a ver cuáles son los planos.

(E): O sea, tú siempre analizas a nivel de rectas.

(A): Yo, sí. Es que, yo así, a primeras, no veo los planos.

## **B. EMISION DE HIPÓTESIS.**

Como se ha podido observar en los ejemplos expuestos anteriormente, a partir del análisis cualitativo, algunos alumnos plantean desde un principio algunas hipótesis sobre los tipos de plano presentes en la pieza, o sobre la forma general de la pieza, hipótesis que posteriormente tratarán de comprobar si se cumplen o no.

Diferenciaremos dos tipos de emisión de hipótesis: los que se emiten como *consecuencia de alguna característica particular* de la pieza que ha llamado la atención del alumno y que le lleva a plantear una hipótesis que explique esa característica (B1), y los que se emiten en el tercer problema planteado, que al tratarse de un problema abierto

(y no tener por tanto todos los planos unívocamente definidos), obliga necesariamente al alumno a plantearse los *posibles tipos de plano* que podemos encontrar en general en cualquier pieza (paralelos a los planos de proyección, perpendiculares, u oblicuos) (B2).

#### B1. EMISIÓN DE HIPÓTESIS COMO CONSECUENCIA DE ALGUNA CARACTERÍSTICA PARTICULAR.

Las hipótesis planteadas en las entrevistas que han surgido como consecuencia de la interpretación de alguna característica de la pieza son:

*- La existencia de planos cuadrados en las dos vistas plantea la posibilidad de que esté formada por volúmenes cúbicos.*

En el caso de la pieza 3, teniendo en cuenta que en las dos vistas del enunciado la mayoría de los planos son cuadrados, y sólo aparece en el alzado una única línea inclinada, hasta cierto punto es lógico pensar que no hay más planos en pendiente, y que la pieza pueda estar compuesta por partes o volúmenes cúbicos, cuando en realidad, de las 5 soluciones correctas, sólo una tiene una parte cúbica. En este sentido, el enunciado puede llegar a “despistar” a algunos alumnos. Es decir, en una primera aproximación global al enunciado sería correcto plantear la hipótesis de que esté formada por partes cúbicas, pero en un análisis posterior, no deben descartarse planos en pendiente.

*5 de los 12 alumnos* entrevistados emiten esta hipótesis como consecuencia de esta característica de la pieza 3.

Al tratarse en este caso, de una característica particular de esta pieza, la emisión de ésta hipótesis no es generalizable a cualquier otro enunciado que se proponga, y no aporta nada más reseñable que lo comentado anteriormente.

*- La existencia de líneas inclinadas plantea la posibilidad de que esa arista sea la proyección de un plano proyectante (perpendicular a la vista en la que se encuentra) , o una arista del contorno de un plano oblicuo.*

Como se ha comentado anteriormente en el análisis cualitativo, en la pieza 1, 9 alumnos se fijan en las líneas inclinadas y las relacionan con “planos inclinados o en pendiente”, en la pieza 2, 3 alumnos, y en la pieza 3, 8 alumnos. De todas maneras, todos ellos (los 12 entrevistados), en alguna o varias de las piezas mencionan esta posibilidad.

La búsqueda y emisión de hipótesis de la existencia de planos en pendiente como consecuencia de la detección de líneas inclinadas en el enunciado es por tanto un hecho generalizado en todos los alumnos.

De todas maneras, aunque no hubiera líneas inclinadas en el enunciado, es posible que la pieza esté formada por planos perpendiculares a los de proyección. Es decir, es correcto concluir que hay planos inclinados u oblicuos cuando aparecen líneas inclinadas en el enunciado, pero el que no aparezcan no quiere decir que no haya planos perpendiculares a los de proyección.

Por otro lado, las condiciones de correspondencia entre proyecciones definen unívocamente una única respuesta correcta, tanto en la pieza 1, como en la pieza 2. Es decir, aunque no nos fijáramos en las líneas inclinadas y no planteáramos la posibilidad de plano proyectante u oblicuo, al realizar la correspondencia entre vistas determinaríamos unívocamente el plano existente, sin necesidad de recurrir a emisión de hipótesis alguna.

Así pues, establecemos las siguientes categorías:

Categorías en la emisión de hipótesis como consecuencia de alguna característica particular de la pieza	Nº Alumnos
- La existencia de líneas inclinadas plantea la posibilidad de que esa arista sea la proyección de un plano proyectante (perpendicular a la vista en la que se encuentra), o una arista del contorno de un plano oblicuo.	12
- La existencia de planos cuadrados en las dos vistas plantea la posibilidad de que esté formada por volúmenes cúbicos.	5

*El ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “La existencia de líneas inclinadas plantea la posibilidad de que esa arista sea la proyección de un plano proyectante, o una arista del contorno de un plano oblicuo”, ya ha sido expuesto en A.1.2.2.*

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “La existencia de planos cuadrados en las dos vistas plantea la posibilidad de que esté formada por volúmenes cúbicos” (Rubén):*

(E): Antes de empezar a dibujar, ¿qué has visto? ¿Has visto algo?

(A): No.

(E): ¿No? ¿No sabes seguro cómo es la pieza?

(A): No, creo, o sea, que es un cubo, o sea, que hay más de un cubo, pero..., luego tiene una parte que le falta, y otra...no sé seguro.

(E): ¿Y por qué crees que está compuesta por partes cúbicas?

(A): Porque aparecen muchos cuadrados en las dos vistas, y, por ejemplo, este cuadrado con éste otro (señala un cuadrado en el alzado y otro en la planta), podrían ser las proyecciones de un cubo. Y lo mismo podría pasar con los otros cuadrados.

## B2. EMISIÓN DE HIPÓTESIS SOBRE POSIBLES TIPOS DE PLANO.

En la pieza 3, como ya se ha comentado al describir sus características y las razones y objetivos por los que ha sido planteada, al tratarse de un problema abierto en el que existe más de una solución correcta, obliga necesariamente al alumno a emitir hipótesis de *posibles tipos de plano* que den lugar a esas proyecciones.

En esta pieza:

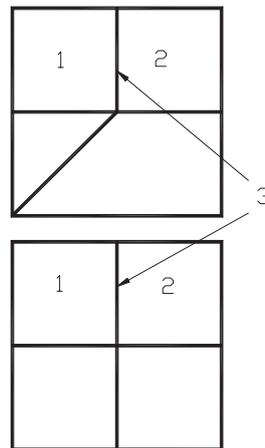
- 4 de los 12 alumnos plantean correctamente los dos tipos de plano que dan lugar a las soluciones correctas, tanto la posibilidad de plano paralelo a un plano de proyección, como el de plano perpendicular al plano de perfil.
- Un alumno, no se plantea la posibilidad de plano paralelo al plano de proyección horizontal.
- 7 alumnos, no se plantean la posibilidad de plano perpendicular al plano de proyección de perfil.

Así pues, se establecen las siguientes categorías:

Categorías en la emisión de hipótesis sobre posibles tipos de plano (en la pieza 3)	Nº Alumnos
- Plantea posibilidades correctas al emitir hipótesis de tipos de plano que den lugar a las vistas del enunciado.	4
- No plantea la posibilidad de tipo de plano paralelo a plano de proyección.	1
- No plantea la posibilidad de tipo de plano perpendicular a plano de proyección”.	7

Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “plantea posibilidades correctas al emitir hipótesis de tipos de plano que den lugar a las vistas del enunciado (pieza 3)”

(Julen):



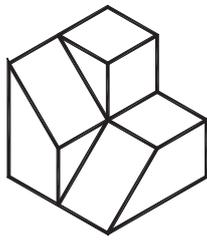
**(E):** Parece que estás dudando o planteándote algo, ¿no?

**(A):** Es que, esto tal vez...Aquí tiene una pendiente de esta forma (plano 1 en perspectiva), pero luego te fijas en la vista alzado que aquí tiene una línea (señalado con flecha 3), y que tiene que ser algo como lo que he dibujado (plano de perfil), o sea, que tiene que haber una intersección entre los dos planos, y entonces, que ese plano no podía ser plano (descarta la posibilidad de plano frontal ya que no existiría la línea que señala). Tendría que haber una pendiente (plano de perfil) o una circunferencia (solución 1 y solución 2 correctas respectivamente, en la siguiente figura ilustrativa), algo, pero como eso no aparece definido en otra vista (falta la vista de perfil en el enunciado), pues no sé cual es (da por buenas las dos soluciones).

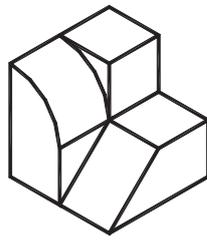
Y luego ya, en este último cuadrado (plano 2), podemos hacer más de una figura que esté bien, porque tiene que ser respecto al plano contiguo..., o sea, tiene que haber un cambio de plano, tienen que ser diferentes, para que aparezca la línea (flecha 3). Así que, luego también, puede ser una pendiente hacia abajo...(solución correcta 3).

**(E):** ¿Se te ocurren más posibilidades? Has propuesto una pendiente hacia abajo, una circunferencia,...

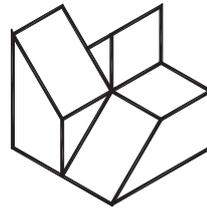
**(A):** No... Bueno... cambiando esto...(solución correcta 4). Es que se puede hacer de varias maneras, o sea, puede tener más de una respuesta que esté bien.



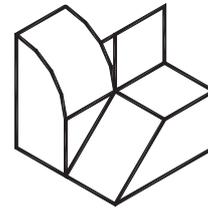
SOL 1



SOL 2

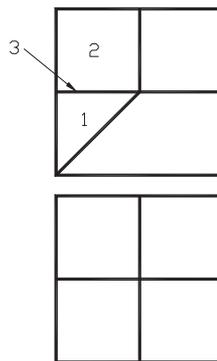


SOL 3



SOL 4

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “no plantea la posibilidad de tipo de plano perpendicular a plano de proyección” (Iñaki):*



**(A):** A mí me mosquean estos dos planos (señala planos 1 y 2). O sea, esta línea, ¿para qué está? (línea 3). Esto (plano 2), parece que es un cubo hacia arriba, un cubo entero, o sea, quitar esta línea..., y que sea un plano entero, eso parece.

...(el alumno dibuja la hipótesis, solución incorrecta 1, en la siguiente figura ilustrativa).

Pero la solución que yo digo está mal, esta línea que yo digo no existe en mi solución (línea 3 del alzado).

**(E):** Ya, pero bueno, te estás acercando a la solución correcta.

...

(El alumno dibuja otra respuesta, solución incorrecta 2)

...

**(A):** Bueno, en esta solución la línea que me mosqueaba ya aparece aquí.

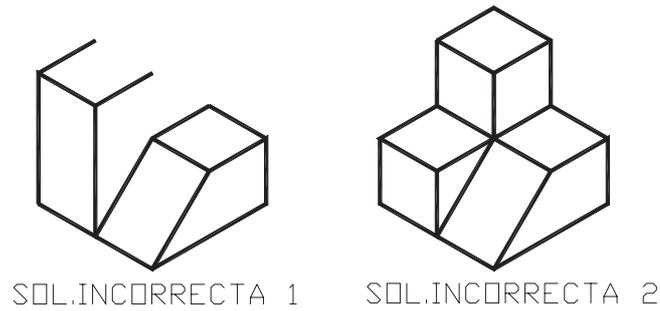
Voy a ver si está bien, si la pieza me da las vistas del enunciado...Joder, tampoco puede ser, aquí falta un cacho (señala el hueco que falta y que correspondería al plano 2 del alzado).

Pues, no sé, no sé. No me sale.

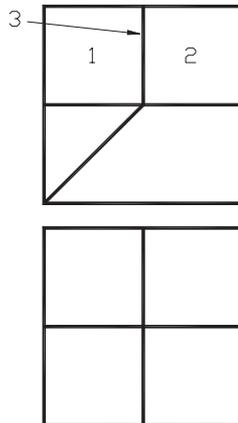
**(E):** ¿Lo dejamos entonces?

**(A):** Yo creo que sí, ya llevo mucho tiempo y no me sale, pero bueno, yo creo que he visto casi toda la pieza, ¿no? ¿No es parecido a lo que he dibujado?

**(E):** Sí.



*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “no plantea la posibilidad de tipo de plano paralelo a plano proyectante” (Julen):*



...

**(A):** Y estos dos planos (planos 1 y 2 señalados en el alzado y la planta), tienen que tener distinta inclinación, por la línea que hay entre ellas (flecha 3).

...

(sigue correspondiendo planos, y a continuación comienza a dibujar, hasta que llega a la solución incorrecta 1 de la siguiente figura, y se queda bloqueado).

...

**(A):** Huy, esto no puede ser.

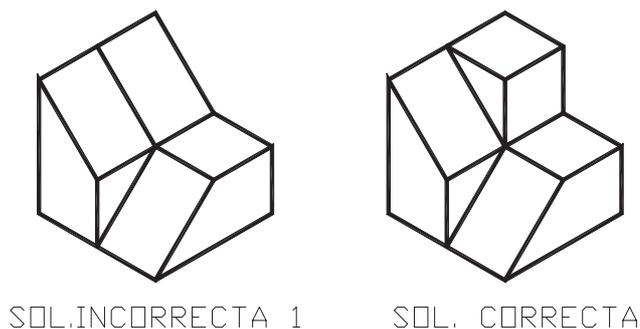
**(E):** ¿El qué?

**(A):** Pues que estos dos planos son el mismo, o sea, que no existiría la línea que hay entre ellos (señalado con flecha 3 en el alzado)...¿El enunciado está bien?

**(E):** Sí, sí está bien, sí.

...

**(A):** Pues no veo cómo seguir. O sea, sé que hay algo que he supuesto que está mal, pero, es que no lo veo. Me he quedado atascado. No puedo seguir.



### C. ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN.

Se exponen a continuación, con ejemplos realizados por los alumnos, los distintos métodos y estrategias que han sido utilizados para la resolución de los tres problemas planteados en la entrevista.

#### C.1.- MODELADO: MÉTODO DE ELIMINACIÓN DE VOLÚMENES Y COMPOSICIÓN DE SÓLIDOS.

Consiste en la creación de un modelo usando dos técnicas básicas: ir eliminando volúmenes a partir de un prisma rectangular, y hacer uso del análisis de sólidos realizado en el análisis cualitativo inicial para ir componiendo el objeto a partir de sus formas geométricas primitivas.

##### C.1.1. Método de eliminación de volúmenes.

*Un único alumno* recurre a este método que dice utilizar en ocasiones. Lo intenta en las piezas 1 y 2, aunque finalmente no consigue avanzar en la resolución y acaba por abandonarla.

Consiste en continuar definiendo la pieza a partir de la aproximación volumétrica realizada mediante el prisma o paralelepípedo envolvente, eliminando de ese volumen

total aquellas partes (volúmenes) que se vayan detectando, es decir, realizando un vaciado del prisma envolvente.

Categorías en método de eliminación de volúmenes	Nº Alumnos
- Utiliza el método de eliminación de volúmenes a partir del prisma rectangular envolvente a la pieza.	1
- No lo utiliza	11

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Método de eliminación de volúmenes a partir del prisma rectangular envolvente” (Maitane):*

...

(E): Has contrastado las dos vistas, el alzado y la planta. ¿Y ahora?

(A): Luego, para empezar a dibujar, empiezo a dibujar el cubo (se refiere al prisma envolvente), y a quitar partes.

...

(E): En segundo de BUP viste algo de dibujo.

(A): Sí, pero lo básico, en 2º de BUP no ves nada, pues, cómo se llaman las vistas y... recuerdo que hicimos un caso práctico, coger un jabón y quitarle partes, y representar las vistas, y eso hicimos en todo el curso, que no es nada, vamos.

(E): ¿Un jabón?

(A): Sí, uno de esos “Lagarto”, y nos hizo eso, quitar partes,... y eso.

Se trata de un método que sirve para piezas sencillas. La eliminación de volúmenes se puede realizar fácilmente a partir del contorno de las vistas, pero para definir aquellos planos interiores al contorno es necesario recurrir a algún otro método para visualizarlas.

### **C.1.2. Método de composición de sólidos.**

Ya se ha comentado al exponer los distintos ejemplos de análisis cualitativo (A1.1.2 Análisis por sólidos), y las estrategias de análisis (A.2.1. Disgregación) que 8 de los 12 alumnos consideran la pieza 1 como una composición de dos formas geométricas: cuña y prisma rectangular.

En esta pieza, el método solo se puede utilizar parcialmente, ya que luego hay que recurrir a algún otro método para definir el interior de la parte prismática. En algunos objetos es posible realizar toda la resolución utilizando este método.

Categorías en el método de composición de sólidos (pieza 1)	Nº Alumnos
- Recurre al método de composición de sólidos.	8
- No recurre al método.	4

Ya se ha expuesto un ejemplo de este método al exponer las categorías de análisis cualitativo (A.1.1.2).

### C1.2.- Método de Eckhart.

Un alumno recurre a una variante del método de Eckhart, propuesto en 1938 para la construcción gráfica de perspectivas.

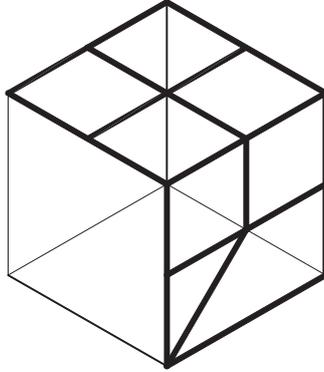
La variante consiste en dibujar las vistas del enunciado en los planos de proyección de la perspectiva que se va a dibujar, o sobre las caras del prisma envolvente. A partir de las proyecciones de los vértices de la pieza, y desde cada vista, se trazan paralelas a los ejes del sistema perspectivo, y se encuentran las intersecciones de los mismos. Uniendo convenientemente las intersecciones, se obtiene la perspectiva de la pieza.

Se recurre a un método operativista de trazado para obtener la perspectiva, sin realizar un análisis cualitativo de la pieza, y sin haber identificado o visualizado ninguno de los planos que lo forman. Es a partir del trazado como se intenta definir gráficamente dichos planos.

Por ello, el alumno, en los dos casos en que lo intenta, no consigue resolver el problema, así que opta finalmente por recurrir al método de la correspondencia entre proyecciones.

Categorías en el método de Eckhart	Nº Alumnos
- Recurre al método de los cortes o método de Eckhart	1
- No recurre al método	11

Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “recurre al método de Eckhart” (Sandra):



(E): Te has quedado atascada.

(A): Sí. Normalmente intento hacer esto para sacar la pieza, pero esta vez no me sale nada. No veo cómo puede ser. Así que voy a intentarlo de otra manera.

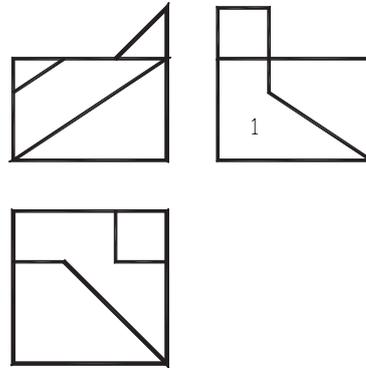
### C1.3. Método de ensayo y error mediante emisión de hipótesis de posibles tipos de plano.

Un alumno (1 de 12) recurre a la emisión de hipótesis de posibles tipos de plano en un caso en el que por condiciones de correspondencia no era necesario hacerlo (pieza 1). Es decir, recurre al método de ensayo y error, planteándose dos posibles soluciones, para comprobar después cuál de ellas es la correcta tras haberlas trazado en perspectiva y comprobado mediante comparación con las vistas la existencia de algún error en una de ellas.

Es un método que conduce a la solución, aunque refleja una deficiencia ya que no es necesario suponer nada ni emitir hipótesis para determinar la solución correcta mediante el ensayo y error.

Categorías en el método de ensayo y error mediante emisión de hipótesis de posibles tipos de plano	Nº Alumnos
- Recurre al método de ensayo y error	1
- No recurre al método	11

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “recurre al método de ensayo y error mediante la emisión de hipótesis de posibles tipos de plano” (Iñaki):*



(E): ¿Por qué has dibujado este plano vertical (señalado con 1 en la vista perfil)?

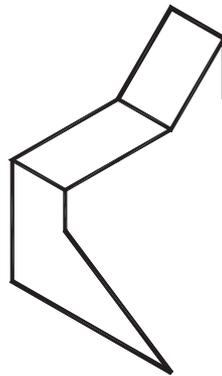
(A): Pues, al principio, bueno, lo que veo, esto (señala el plano 1)...no lo he hecho seguro ¿eh? No sé si esto está recto (se refiere a ser un plano vertical) o inclinado (plantea dos hipótesis). Al menos...lo que he hecho es...pues a ver si veo algo, o sea, ¿me entiendes?

(E): Sí, sí. Te estás planteando que podrían ser dos tipos de plano, y quieres comprobar cual de ellas es dibujando una de ellas.

(A): Sí, eso es, pero luego igual me doy cuenta de que está mal. Lo hago para ir haciendo algo, voy colocando ya planos.

...

(A): Bueno, lo que he hecho hasta ahora, está bien. No es imposible. Pero no veo más.



#### **C1.4.- Método de correspondencia de proyecciones entre vistas.**

En este método, el alumno inicia la construcción de la pieza a partir de la identificación elemento a elemento de los planos, rectas y puntos que la forman mediante la correspondencia entre vistas de las distintas proyecciones.

En este paso el alumno debe conocer y aplicar correctamente las condiciones de correspondencia que se dan entre las proyecciones de un plano, recta, o punto. Es decir:

Condición 1: correspondencia de posición y dimensiones, para planos, rectas y puntos.

Condición 2: igualdad de contorno en los planos. Es decir, los planos mantienen el mismo número de lados y número de puntos que definen su contorno en las distintas proyecciones, a menos que en alguna de ellas sea proyectante (perpendicular al plano de proyección), en cuyo caso, se verá una única línea en dicha vista.

Por otro lado, a la hora de encontrar la proyección correspondiente en la otra vista, debe conocer los tres tipos de plano con los que se puede encontrar (paralelos a los planos de proyección, perpendiculares a los mismos, y planos oblicuos), y las proyecciones a que éstos dan lugar.

*11 de los 12* alumnos utilizan este método, aunque una minoría de ellos (como se ha visto en los ejemplos anteriores) en algún momento anterior del proceso de resolución hayan intentado resolverlo por otro método.

Se observan varias deficiencias y errores durante el proceso de resolución utilizando este método:

*5 de los 11 alumnos* corresponden incorrectamente varias proyecciones al no respetar la condición de posición o dimensiones entre proyecciones (todos ellos en la pieza 1).

*7 de los 11 alumnos* corresponden incorrectamente varias proyecciones al no respetar la condición de igualdad del número de lados y puntos del contorno de un plano entre proyecciones (2 de ellos en la pieza 1, 2 en la pieza 2, y 3 en la pieza 3).

*5 de los 11* alumnos definen dos proyecciones correspondientes a dos áreas adyacentes, como un mismo plano (todos ellos en la pieza 3).

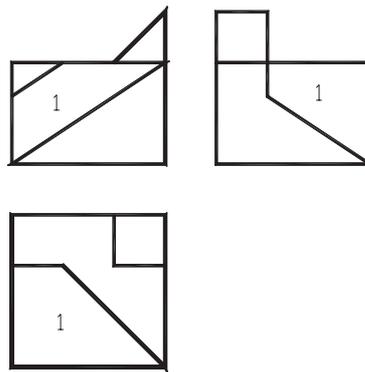
2 de los 11 alumnos definen dos proyecciones correspondientes a dos áreas adyacentes, como un plano geoméricamente imposible (ambos en la pieza 3, aunque uno de ellos corrige posteriormente el error).

3 de los 11 alumnos no encuentra la proyección correspondiente a planos proyectantes en la vista en la que su proyección es una recta, uno de ellos en la pieza 1, y los otros dos en la pieza 2.

Así pues, se establecen las siguientes categorías:

Categorías en el método de correspondencia de proyecciones entre vistas	Nº Alumnos
- Utiliza sin errores el método de correspondencia	
<i>En la pieza 1:</i>	5
<i>En la pieza 2:</i>	9
<i>En la pieza 3:</i>	4
- Corresponde incorrectamente al no respetar la condición de posición o dimensiones.	
<i>En la pieza 1:</i>	5
- Corresponde incorrectamente al no respetar la condición de igualdad del número de lados y puntos del contorno del plano	
<i>En la pieza 1:</i>	2
<i>En la pieza 2:</i>	2
<i>En la pieza 3:</i>	3
- Define dos proyecciones correspondientes a dos áreas adyacentes, como un mismo plano	
<i>En la pieza 3:</i>	5
- Define dos proyecciones correspondientes a dos áreas adyacentes, como un plano geoméricamente imposible.	
<i>En la pieza 3:</i>	2
- No encuentra la proyección correspondiente a planos proyectantes en la vista en la que su proyección es una recta.	
<i>En la pieza 1:</i>	1
<i>En la pieza 2:</i>	2

Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “utiliza sin errores el método de correspondencia” (Julen):



(E): Dime lo que vas haciendo.

(A): Bueno, primero miro la vista alzado, y la comparo con las otras dos, y entonces, busco parecidos, por ejemplo, en la vista alzado se ve esta parte de la mitad (plano 1), y también se ve que aparece en las otras dos vistas, y entonces, he empezado por ahí. (Ha correspondido correctamente la proyección del plano oblicuo 1 en el alzado, con las otras dos proyecciones en planta y perfil).

(E): O sea, que has empezado por aquí, por este plano.

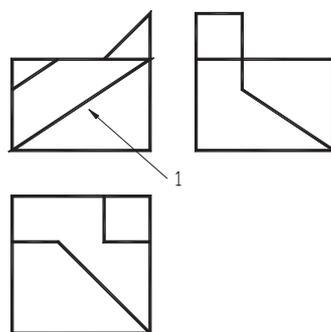
(A): Sí, o sea, he visto más o menos cómo es eso, pues, que es una pendiente, y me he fijado en eso. Luego he definido un poco cómo es en el perfil, o sea, ya viendo aquí en el alzado que es una pendiente, la he definido en el perfil (correspondencia de proyecciones entre alzado y perfil correctos para el plano oblicuo 1).

...

(Hace lo mismo con el resto de proyecciones, correspondiéndolas correctamente).

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Corresponde incorrectamente al no respetar la condición de posición o dimensiones” (Iñaki):*

Se han dado 4 casos idénticos a éste (4 alumnos de 12), todos ellos en la pieza 1.



(E): ¿Cómo has deducido esa línea?

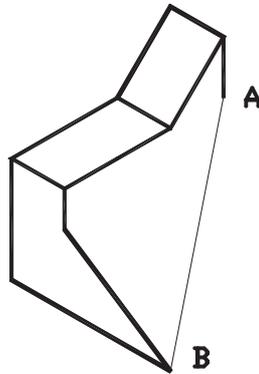
(A): ¿Cuál, ésta última?

(E): Sí.

(A): Pues, lo he visto aquí en el alzado (flecha 1), y como va de arriba abajo, o sea, hacia la izquierda, pues, he pensado que podría ser una línea que va desde este punto a este (puntos A y B en la perspectiva).

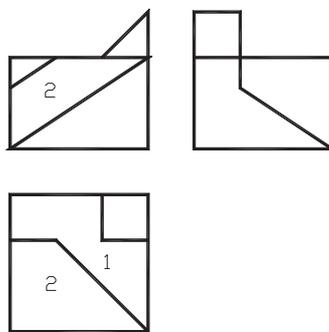
(E): ¿Podría ser? ¿No estás seguro?

(A): No. Bueno, ya te he dicho antes, que yo lo que hago es probar. Pruebo a ver si es así o de otra manera, a ver si sale. Pero no sé seguro si está bien.



*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Corresponde incorrectamente al no respetar la condición de igualdad del número de lados y puntos del contorno del plano” (Maitane):*

5 alumnos cometen este mismo error, 2 de ellos en la pieza 1, y 3 en la pieza 3.



(E): Normalmente, cuando tratas de identificar planos, ¿en qué vista te fijas?

(A): En ésta, la planta.

(E): ¿Y qué haces? ¿Eliges un plano?...

(A): Bueno, sí, aquí me he fijado en este plano (proyección del plano 1 en planta).

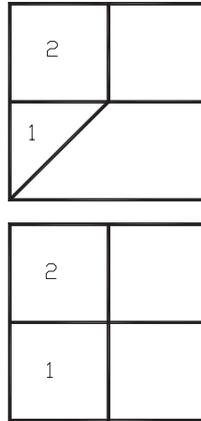
(E): ¿Y ves qué proyección de la vista alzado es la de ese plano?

(A): Umm...creo que es ésta (señala proyección del plano 2 en el alzado). Pero no lo sé seguro (correspondencia incorrecta de dos proyecciones con número de lados del contorno distinto).

...

(A): No sé, ahora estaba pensando a ver si este plano (proyección 2 en alzado) es éste otro (señala la proyección correcta del plano 2 en planta). Pero no estoy segura. Es que, yo necesito mucho tiempo. Con más tiempo normalmente consigo que me salgan las piezas, pero es que ahora no lo veo.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la misma categoría “Corresponde incorrectamente al no respetar la condición de igualdad del número de lados y puntos del contorno del plano” (Julen):*

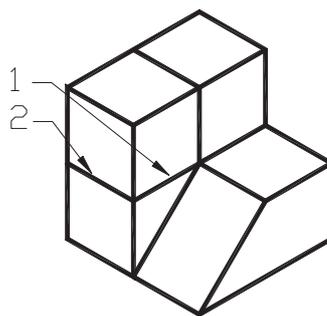


**(A):** Yo creo que estos dos planos están inclinados (señala las proyecciones alzado de planos 1 y 2).

**(E):** ¿Y cuáles son sus proyecciones correspondientes en la planta?

**(A):** Esta es la de arriba (proyección plano 2 en planta correcta), y ésta sería la de abajo (proyección del plano 1 en planta incorrecta, al ser en el alzado un triángulo, y en la planta un cuadrado).

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Define dos proyecciones correspondientes a dos áreas adyacentes, como un mismo plano” (Sandra):*



**(E):** ¿Has terminado?

**(A):** Sí.

**(E):** ¿Y crees que está bien?

**(A):** ...(dedica un poco de tiempo a comprobar que la perspectiva da lugar a las vistas del enunciado). Sí, creo que sí. ¿Pues?

**(E):** Es que, verás, estas dos líneas que has dibujado aquí (flechas 1 y 2), en realidad no existen. Has dibujado el mismo plano, no hay cambio de pendiente entre los dos planos separados por esas líneas, así que son el mismo plano, y esas aristas no existen, y no se dibujan.

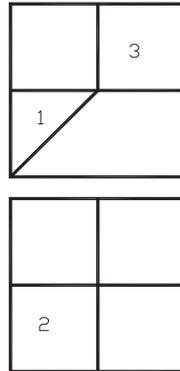
**(A):** Ah, ya.

(E): ¿Podrías corregirlo?

(A): ... No, ahora mismo no se me ocurre nada.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Define dos proyecciones correspondientes a dos áreas adyacentes, como un plano geoméricamente imposible”*

(Rubén):



(A): Empiezo por este plano (proyección plano 1 en alzado, correspondiente a un triángulo).

(E): Y después de fijarte en eso, ¿qué has hecho?

(A): Mirar abajo (en la vista planta). Creo que es ésta (proyección planta de plano 2), pero no estoy seguro (está cometiendo el error comentado anteriormente de corresponder dos proyecciones de número de lados de contorno distintos, creyendo que se trata del mismo plano).

...

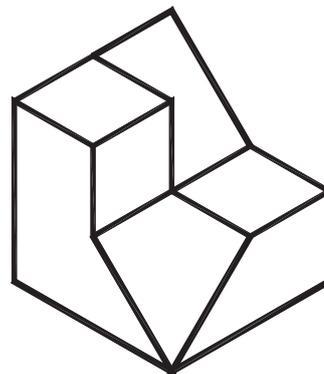
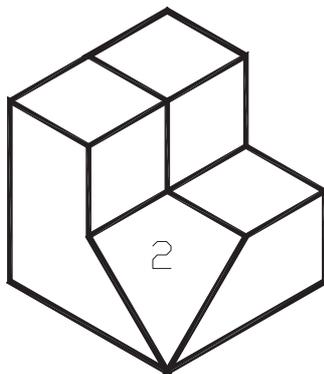
(dedica un tiempo a dibujar la pieza, hasta que obtiene la primera perspectiva que se muestra bajo éstas líneas).

...

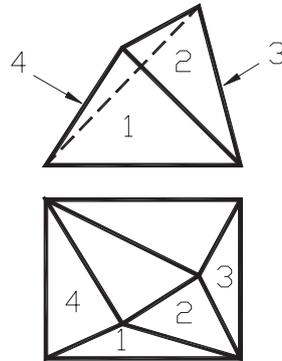
(A): Es algo así, pero no es exactamente esto. La parte de arriba está mal (con esa solución la línea que separa los dos cuadrados superiores del alzado no existiría, está cometiendo el error de dibujar un mismo plano como si se tratara de dos, con una arista inexistente en la realidad). Y la pendiente de abajo...no estoy seguro (señala el plano 2 de la perspectiva, que se trata de un plano geoméricamente imposible, ya que se trata en realidad de dos áreas adyacentes, es decir, en este caso falta la arista correspondiente a la intersección de los dos planos):

(E): ¿Puedes corregir lo que según tú está mal?

(A): Bueno, la parte de arriba podría ser así (cambia el plano derecho 3 poniendo una pendiente, corrigiendo así el error de mismo plano). La pendiente de abajo está mal, pero no sé cómo expresarla.



*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “No encuentra la proyección correspondiente a planos proyectantes en la vista en la que su proyección es una recta” (Ruben):*



...

**(A):** Veo estos dos planos de arriba en las vistas del alzado y la planta. (corresponde las proyecciones del alzado de los planos 1 y 2 en la planta). Pero no sé porqué no veo todo el resto,

**(E):** Entonces, ves los dos planos que son visibles en el alzado, pero te das cuenta de que en la planta hay más planos, y son esos los que no acabas de ver.

**(A):** No.

...

**(A):** ¿Está completa la vista del alzado?

**(E):** Sí (No detecta los planos proyectantes que están representados en el alzado por dos líneas, y piensa que el enunciado está mal)(planos 3 y 4).

**(A):** Bueno, pues voy a empezar a dibujar lo que he visto hasta ahora.

**(E):** Entonces, vas a empezar a dibujar sin haber visto toda la pieza.

**(A):** Sí.

## D. RESOLUCIÓN.

Se valora si se resuelve o no literalmente hasta el final, aplicando correctamente los principios conocidos, y se analiza el proceso de representación gráfica del resultado en perspectiva.

### D1. RESOLUCIÓN CORRECTA O INCORRECTA.

Aunque los alumnos cometen varios errores a lo largo del proceso de resolución, y los corrigen posteriormente cuando observan que no se corresponde al enunciado planteado, éstos no se han contabilizado, ya que no creemos que ello suponga alguna

aportación al análisis de los resultados. Se ha valorado si se resuelve literalmente hasta el final, llegando a la solución o soluciones correctas, o no.

Así pues, las categorías establecidas son:

Categorías en la resolución del problema	Nº Alumnos
- <i>Solución correcta</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	8
<i>En la pieza 2:</i>	7
<i>En la pieza 3:</i>	6
- <i>No resuelve hasta el final o da una solución incorrecta.</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	4
<i>En la pieza 2:</i>	5
<i>En la pieza 3:</i>	6

## D.2. ESTRATEGIAS DE TRAZADO.

Los alumnos recurren a diversos recursos y estrategias para el trazado de las piezas, que se exponen a continuación, con ejemplos por un lado de desarrollos correctos, y por otro, de deficiencias o dificultades encontradas.

Se analiza el proceso de trazado seguido, valorando si se utilizan elementos de ayuda para la delineación, como el prisma envolvente, o la utilización de puntos de referencia, y si se trasladan correctamente las dimensiones de las vistas a la perspectiva.

La secuencia de trazado seguida también es analizada, valorando si es la misma secuencia que la seguida para el análisis del enunciado, o se sigue alguna secuencia particular de trazado.

### D.2.1. Trazado del prisma envolvente.

La mayoría de los alumnos recurren al trazado de un prisma envolvente, como ya se ha visto anteriormente, como parte de un análisis cualitativo de cara a limitar el volumen ocupado por la pieza. Pero este paso, se utiliza también para disponer de una referencia

en la perspectiva para el trazado proporcional de la pieza, que permite situar más fácilmente cada uno de los planos que se van definiendo.

Los resultados, las distintas categorías establecidas, y ejemplos de las mismas ya han sido expuestas y comentadas en el apartado A.1.1.1.1.

### D.2.2. Utilización de puntos de referencia.

Como se recordará, uno de los objetivos al plantear la pieza 2, era comprobar si se utilizaban los vértices salientes como puntos de referencia para el correcto trazado de la pieza, sin tener que dibujar necesariamente el prisma envolvente, ya que en este caso, a excepción de la base, el resto de planos no son paralelos a los planos de proyección y no coinciden por tanto con las caras del prisma.

2 de los 12 alumnos, que utilizan el prisma en las otras dos piezas, prescinden de él en este caso.

*En cuanto a la utilización o no de los vértices como puntos de referencia, 6 de ellos lo hacen, y otros tantos, no.*

Categorías en la utilización de puntos de referencia (en la pieza2)	Nº Alumnos
- Utiliza los vértices salientes como puntos de referencia para el trazado	6
- No utiliza los vértices salientes como puntos de referencia para el trazado	6

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “utiliza los vértices salientes como puntos de referencia para el trazado” (Mikel) :*

(E): ¿Qué has hecho ahora?

(A): Pues, fijarme dónde están estos dos puntos (los dos vértices salientes)

(E): ¿Por qué te has fijado en esos dos puntos?

(A): Pues, porque, están arriba, y entonces, para dibujar más fácil.

(E): Los puntos te han llamado la atención.

(A): Sí, para cogerlos como referencia.

### D.2.3. Traslación de dimensiones de las vistas a la perspectiva.

Encontramos dificultades por parte de 4 alumnos para trazar a mano alzada los elementos que se han identificado correctamente. Se trata de un caso de dificultad de traslado proporcional de las coordenadas de los puntos o las dimensiones desde las vistas a la perspectiva, situación que se produce normalmente cuando existen planos oblicuos en el enunciado. Siendo el segundo problema planteado el que más planos oblicuos y en pendiente tiene, es en ésta pieza donde los alumnos trazan incorrectamente la perspectiva.

Categorías en la traslación de dimensiones de las vistas a la perspectiva (en la pieza 2)	Nº Alumnos
- <i>Correcta traslación de dimensiones de las vistas a la perspectiva</i>	8
- <i>Trazado deficiente por traslación incorrecta de dimensiones de las vistas a la perspectiva</i>	4

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “trazado deficiente por traslación incorrecta de dimensiones de las vistas a la perspectiva” (Iñaki):*

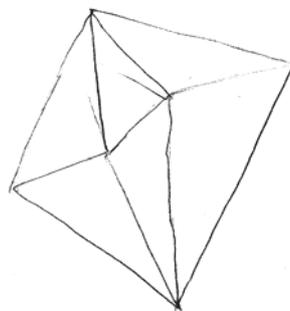
(A): Jesús, María, esto no es fácil de dibujar, no.

(E): ¿Cuál es el problema?

(A): Es que, en esta pieza, todos los planos son oblicuos, y claro, como están inclinados, no son fáciles de dibujar.

...

(A): Veo la pieza, pero no puedo dibujarla bien. Está mal, esto es una chapucilla.



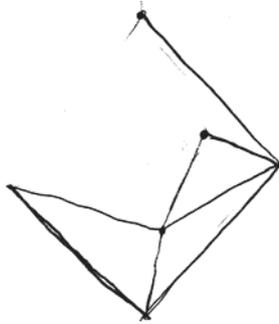
*Otro ejemplo de respuesta clasificado en la categoría anterior “trazado deficiente por traslación incorrecta de dimensiones de las vistas a la perspectiva” (Leire):*

(E): ¿Puedes dibujar ese plano inclinado?

(E): ¿Qué? ¿Dibujar esto?...puf.

(E): ¿Te resulta difícil dibujar esa pendiente inclinada (plano oblicuo)?

(E): Es que, yo, a mi no me sale, o sea, no sé cómo dibujarlo.



#### D.2.4. Método de Eckhart.

Ya se ha comentado anteriormente que un alumno recurre a este método de trazado-delineado de la pieza (C2), pero no únicamente para utilizarlo con este objetivo, sino también como recurso para intentar definir su forma. Como no consigue definirlo, finalmente, tampoco llega a trazar por completo la perspectiva.

Por tanto, *un alumno* utiliza el método de Eckhart como estrategia para el trazado de la pieza, y para el análisis de la pieza.

Categorías en el método de Eckhart	Nº Alumnos
- <i>Utiliza el método como estrategia de trazado y de análisis</i>	1
- <i>No utiliza el método</i>	11

#### D.2.5. Secuencia de trazado.

Se ha analizado si la secuencia de trazado seguía algún orden lógico, si esa secuencia de repite para las tres piezas, o si por el contrario, va cambiando en función de alguna razón.

Se han observado dos estrategias de trazado claras: en la primera, seguida por la mayoría de los alumnos, la secuencia de trazado es *la misma que la secuencia de*

*análisis* del enunciado, es decir, el alumno traza un plano en la perspectiva cada vez que identifica cómo es. En la segunda estrategia, el alumno separa el análisis del enunciado del trazado, realizándolos independientemente, y siguiendo secuencias distintas. El alumno traza la perspectiva una vez que la pieza ha sido analizada y definida por completo, y siguiendo una *secuencia general de trazado* que utiliza para la mayoría de piezas. Es decir, primero analiza e identifica todos los planos de la pieza, visualizando mentalmente la solución, para después, comenzar con el trazado según una secuencia apropiada.

La primera estrategia de trazar planos según se van analizando y definiendo, podría deberse a una deficiencia en la capacidad de visualizar mentalmente y finalizar el proceso completo de correspondencia y definición de las piezas, sin necesidad de tener que trazar nada en el papel. Existe también la posibilidad de que se trate de un hábito adquirido, y que esos alumnos no tuvieran en realidad dificultad alguna para realizar primero el análisis completo, y después el trazado. Sin embargo, del contenido de las entrevistas realizadas, se desprende que les resulta más fácil ir dibujando la pieza a medida que se van determinando partes de la misma, lo cual resulta por otro lado evidente, ya que evita tener que memorizar cada plano mentalmente, y posibilita ir viendo paso a paso los resultados que se van obteniendo de manera más clara. De todas maneras, como se verá en los ejemplos que se exponen a continuación, da la impresión de que se trata de una deficiencia de visualización mental, aunque no resulta posible determinarlo de manera concluyente para todos los casos.

Observamos cualitativamente, que a medida que el alumno domina mejor la visualización, determina mentalmente más planos antes de comenzar con el trazado que quienes presentan deficiencias, y sólo 2 ó 3 de los 12 entrevistados, comienzan el trazado una vez que han visto toda la pieza.

De los 12 alumnos entrevistados, uno no ha llegado a trazar nada. Del resto, la mayoría siguen la *misma secuencia que el del análisis*, comienzan el trazado con el primer elemento que analizan e identifican, siguiendo después con planos contiguos: *8 alumnos (de 11) en la pieza 1, 7 en la pieza 2, y 10 en la pieza 3.*

En la segunda estrategia, la secuencia de trazado es distinta a la de análisis, y se sigue normalmente una secuencia general común para la mayoría de piezas que consiste en situar en primer lugar en las caras del prisma envolvente los planos paralelos a los planos de proyección que se encuentran situados en ellas, para seguir después el trazado con planos contiguos a los dibujados inicialmente.

*Quienes siguen esta secuencia general de trazado son 3 alumnos (de 11) en la pieza 1, 4 en la pieza 2, y 1 en la pieza 3.*

En la pieza 1, siguiendo la secuencia general de situar primero los planos situados en las caras del prisma envolvente, el plano oblicuo que posee queda prácticamente definido. Para las características de esta pieza, habiéndola disgregado en dos (cuña y prisma rectangular), y siguiendo la secuencia descrita, el trazado resulta más sencillo. En esta pieza, el trazado comienza indiferentemente por el plano situado en la cara izquierda del prisma, o en el situado en la derecha.

En el caso de la pieza 2, que como ya se ha comentado varias veces, tiene dos vértices salientes, y ninguno de sus planos coincide con una cara del prisma, a excepción de la base, los 4 alumnos que siguen una secuencia distinta al del análisis, sitúan en primer lugar la base, y a continuación los dos puntos salientes para utilizarlos como referencia. Es decir, en este caso, siguen por un lado la estrategia general de trazar en primer lugar un plano situado en una de las caras del prisma (la base), pero a continuación han valorado y seguido una secuencia particular más apropiada dadas las características de la pieza al utilizar los vértices salientes como puntos de referencia.

En la pieza 3, también se sigue la secuencia general de trazado. Por otro lado, el hecho de que siendo ésta la pieza de mayor nivel de dificultad, sean todos menos uno los alumnos que recurren al trazado antes de visualizar mentalmente la pieza completa, refuerza la opinión de que les resulta más fácil visualizar la pieza según la van dibujando.

Así pues, se establecen las siguientes categorías:

Categorías en la secuencia de trazado	Nº Alumnos
- <i>Sigue una secuencia general de trazado que se inicia una vez terminado el proceso de análisis y definición de la pieza, comenzando el trazado con aquellos planos que están situados en las caras del prisma, y siguiendo por los contiguos.</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	<i>3(de 11)</i>
<i>En la pieza 2:</i>	<i>4(de 11)</i>
<i>En la pieza 3:</i>	<i>1(de 11)</i>
- <i>Sigue la misma secuencia que la de análisis, trazando los planos a medida que van siendo analizados y definidos.</i>	
<i>En la pieza 1:</i>	<i>8(de 11)</i>
<i>En la pieza 2:</i>	<i>7(de 11)</i>
<i>En la pieza 3:</i>	<i>10(de 11)</i>

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Sigue una secuencia general de trazado que se inicia una vez terminado el proceso de análisis y definición de la pieza, comenzando el trazado con aquellos planos que están situados en las caras del prisma, y siguiendo por los contiguos” (Julen):*

**(E):** ¿Has visto ya toda la pieza?

**(A):** Yo creo que sí.

**(E):** ¿Siempre haces esto, intentar primero ver mentalmente la pieza antes de empezar a dibujarla?

**(A):** Sí. Me baso sobre todo en ver las cosas en la cabeza, mentalmente, ¿no?

**(E):** ¿Y por dónde empiezas a dibujar?

**(A):** Coloco primero los planos que estén en la cara del cubo. Bueno, yo, tengo la costumbre, siempre lo hago de izquierda a derecha.

**(E):** ¿Y luego?

**(A):** Sigo con los de al lado, no sé.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Sigue la misma secuencia que la de análisis, trazando los planos a medida que van siendo analizados y definidos” (Amaya):*

**(A):** Veo que tiene aquí un pico (pieza 1) (empieza a dibujarlo).

**(E):** ¿Sueles empezar a dibujar sin haber visto toda la pieza? ¿Sueles empezar a dibujar cuando ya has visto algo, o primero tratas de verlo todo mentalmente, y empiezas a dibujar después?

**(A):** Primero empiezo a dibujar lo que veo. Es que yo no veo así, yo no veo mentalmente.

**(E):** Entonces, empiezas a dibujar lo primero que ves.

**(A):** Sí.

**(E):** Y vas añadiendo a eso todo lo que se te ocurre, lo que vas deduciendo, vamos.

**(A):** Sí.

**(E):** Entonces, has visto esa parte de arriba, y ya empiezas a dibujarla.

(A): Sí.

...Luego, esta otra pendiente, que es esta otra de arriba (hace una correspondencia).

(E): ¿Y por qué has elegido ese plano, y no otro?

(A): Porque está al lado del otro que he dibujado.

(E): Entonces, normalmente, ves un plano, lo dibujas, y sigues con el que esté al lado.

(A): Sí.

*Otro ejemplo de respuesta clasificado en la misma categoría “Sigue la misma secuencia que la de análisis, trazando los planos a medida que van siendo analizados y definidos“ (Naiara):*

(E): Normalmente, empiezas a dibujar, y es ahí, en la perspectiva, donde vas deduciendo cómo es la pieza, ¿no? No sueles definir primero los planos en el enunciado, y dibujar después.

(A): Eso es.

(E): Entonces, te resulta difícil definir mentalmente los planos si no los dibujas, ¿no? Siempre tienes la necesidad de dibujarlo en la perspectiva.

(A): Sí.

*Otro ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Sigue la misma secuencia que la de análisis, trazando los planos a medida que van siendo analizados y definidos“ (Julen):*

(E): ¿Siempre empiezas a dibujar sin haberlo visto todo?

(A): A veces intento, habiendo visto ya algo, dibujar, sí, ver una base, y a partir de ahí, poco a poco, seguir adelante. Es que a veces, igual haces una parte ¿no?, o sea, porque lo has visto así, pero luego empiezas a dibujarla, y no era posible. No siempre está bien, y tienes que volver a empezar otra vez, pero, cuando veo que algo es así, pues, igual veo más fácil si está dibujado, a ver si es posible o no.

(E): Entonces, dibujas en cuanto ves algo, ¿no?

(A): Sí, más o menos cuando estoy seguro de que algo es así, empiezo por ahí.

(E): Y vas deduciendo el resto.

(A): Sí.

## **E. ANALISIS DE RESULTADOS (COMPROBACION).**

En nuestro caso, consiste en comprobar que, efectivamente, la pieza que se ha obtenido da lugar a las proyecciones del enunciado y no se observa ningún error.

La mayoría de los alumnos comprueba al final del proceso que la pieza dibujada produce las proyecciones correspondientes al enunciado. Evidentemente, quienes no

llegan a la solución final, no pueden realizar dicha comprobación, así que sólo contabilizaremos de entre aquellos que llegan al final del problema.

*En la pieza 1, 7 de los 8 alumnos que terminan el problema realizan la comprobación.*

*En la pieza 2, 6 de 7 alumnos,*

*y en la pieza 3, 6 de 6.*

De todas maneras, esta comprobación no se realiza únicamente al final del proceso, sino continuamente, según se va trazando cada plano analizado. Esta comprobación tiene como objetivo descubrir posibles errores y solventarlos proponiendo la solución correcta. Cuando se hace, no siempre el alumno comenta que lo está haciendo, así que resulta imposible contabilizarlo de una manera fiable.

Podemos concluir, por tanto, que el análisis de resultados mediante comprobación continua de que lo trazado en la perspectiva da lugar a las proyecciones del enunciado, es un recurso que utilizan en general todos los alumnos, y constituye una forma de retroalimentación continua de que el problema se está resolviendo correctamente.

Categorías en el análisis de resultados	Nº Alumnos
- <i>Realiza la comprobación de que el resultado se corresponde con el enunciado.</i>	
<i>En la pieza 1</i>	<i>7 de 8</i>
<i>En la pieza 2</i>	<i>6 de 7</i>
<i>En la pieza 3</i>	<i>6 de 6</i>
- <i>No realiza la comprobación de que el resultado se corresponde con el enunciado</i>	
<i>En la pieza 1</i>	<i>1 de 8</i>
<i>En la pieza 2</i>	<i>1 de 8</i>
<i>En la pieza 3</i>	<i>0 de 8</i>

#### **4.2.2. Resumen de deficiencias y dificultades de los estudiantes en la resolución de problemas de visualización.**

En el análisis de resultados de las entrevistas realizadas a los alumnos (apartado 4.2.1), se han estructurado y categorizado los pasos que éstos siguen y las dificultades y deficiencias que han sido detectadas. De cara a extraer una visión global de estas deficiencias y dificultades presentes en el aprendizaje se muestra el siguiente resumen comentado, con las conclusiones derivadas de su análisis.

El primer problema no es resuelto por 4 alumnos, el segundo, por 5, y el tercero, por 6. Es decir, tal y como se pretendía al diseñar las entrevistas, la elección de los tres problemas parece seguir un orden de dificultad creciente.

Debido a que las piezas elegidas poseen características distintas, observamos que algunas deficiencias aparecen en los tres problemas, y otros sólo en alguno de ellos. Igualmente, los puntos críticos por los cuales el alumno no consigue terminar correctamente el problema no se encuentran siempre en los mismos pasos del proceso de resolución. Se resumen a continuación las deficiencias encontradas, clasificándolas en deficiencias de 2º orden (no implican que no pueda resolverse bien el problema), y deficiencias de 1er orden (implican que el alumno no pueda continuar la resolución o que ésta sea incorrecta).

Esto nos permitirá posteriormente, desarrollar una propuesta alternativa de enseñanza que tratará de evitar y corregir las dificultades y deficiencias de los alumno que la enseñanza habitual no ha conseguido eliminar. Esta propuesta tratará de corregir todas las deficiencias detectadas, pero evidentemente, habrá de centrarse especialmente en los puntos críticos del proceso de resolución, y proponer un tratamiento para los mismos.

##### Deficiencias de 2º orden

- Análisis del volumen ocupado por la pieza: aproximadamente la mitad de los alumnos no realizan este *análisis cualitativo del volumen*.

- Tipos de plano: en la pieza 1, aparecen tres alumnos con dificultades de *visualización de planos oblicuos*.

En la pieza 2, que tiene dos planos oblicuos, y otros dos perpendiculares a los planos de proyección, los alumnos *no diferencian los dos tipos* al referirse a ellos, y clasifican ambos tipos como “*pendientes*”.

- Elementos ocultos: Dos de los alumnos *evitan la interpretación de líneas ocultas*, cuando en realidad aportan información añadida sobre posición y visibilidad.
- Emisión de hipótesis: un alumno recurre a la *estrategia tentativa de ensayo y error* cuando las condiciones de correspondencia definen unívocamente los planos y no es por tanto necesario recurrir a la emisión de hipótesis.
- Secuencia de análisis de las vistas: En la pieza 1, un alumno evita analizar la información presente en la vista perfil en un caso, y otros dos alumnos la correspondiente a la vista planta. Se trata de *deficiencias de interpretación y dominio de alguna de las vistas*.

Cinco alumnos siguen una *secuencia de análisis no recomendada* pasando del alzado a la planta y luego al perfil en el caso de tres vistas en el enunciado, y de planta a alzado en el caso de dos vistas, en lugar de empezar siempre por la vista principal alzado, y pasar a continuación al perfil cuando esta vista existe.

- Secuencia de análisis de las proyecciones: Se observa también que el primer elemento elegido para ser analizado en la correspondencia entre proyecciones es el *plano oblicuo*, como consecuencia de la tendencia del alumno a analizar o fijarse especialmente en las líneas inclinadas que aparecen en el enunciado. El tipo de plano oblicuo es el más difícil de visualizar de los tres tipos de plano posibles, y en principio sería más conveniente comenzar por otros más sencillos.
- Nivel de análisis o tipo de elemento analizado: Varios alumnos realizan la correspondencia más a *nivel de rectas* que a nivel de planos, es decir siguen más bien el método de análisis de líneas, en lugar del análisis de superficies.

- Trazado del prisma envolvente: varios alumnos no recurren al trazado del prisma como elemento de referencia para la limitación y colocación de las superficies a dibujar en la perspectiva.
- Utilización de puntos de referencia: en el caso de vértices salientes es conveniente el correcto traslado de estos puntos a la perspectiva y su utilización como puntos de referencia para el trazado de las líneas que convergen en ellos.

Deficiencias de 1er orden:

Las siguientes deficiencias constituyen los puntos críticos del proceso de resolución. Si se recurre a ellos o se hacen mal, implican no poder llegar a la solución final, o que ésta sea incorrecta:

- Métodos de resolución: se recurre a dos métodos fallidos para intentar resolver sin éxito los problemas planteados: *método de Eckhart*, y *método de eliminación de volúmenes*, en lugar de utilizar el método del análisis de superficies mediante correspondencia de proyecciones entre vistas.
- Emisión de hipótesis: varios alumnos no plantean, especialmente en la pieza 3, los distintos *tipos de plano que pueden dar lugar a una proyección*, en este caso, planos paralelos o perpendiculares a los planos de proyección. Es decir, por no considerar alguna de las posibilidades no llegan a la solución. De los dos tipos de plano, el que parece dar más problemas es el plano *perpendicular* a un plano de proyección, ya que al ser una de sus proyecciones una línea, no es detectada por el alumno que está tratando de corresponder una proyección de área con otra proyección área.
- Deficiencias en el método de análisis de superficies: cinco de los doce alumnos cometen varios errores en este método, no respetando las *condiciones de correspondencia* en cuanto a *posición* de las proyecciones, e invariabilidad del número de lados del *contorno* de una proyección a otra a excepción de

proyecciones de planos perpendiculares a un plano de proyección (cuya proyección será una única línea).

Cinco alumnos cometen el error de dibujar *dos planos distintos como uno sólo* (sin tener en cuenta la arista común del enunciado que implica un cambio de pendiente entre ellos, y que por tanto son planos distintos), y dos el de dibujar un *plano geoméricamente imposible* (en realidad se trata de dos planos, y existiría una arista que no han dibujado y que tampoco existe en el enunciado).

- Traslación no proporcional de puntos a la perspectiva: especialmente a la hora de tener que dibujar planos oblicuos en la perspectiva, el no llevar proporcionalmente las tres coordenadas que sitúan el punto en la perspectiva paralelamente a los ejes del sistema, e intentar situarlos aproximadamente conlleva que alumnos que han analizado correctamente el enunciado no sean capaces de reflejarlo y dibujarlo en perspectiva correctamente.

De cara a estructurar y generalizar las deficiencias mostradas hasta ahora, proponemos clasificarlas en dos tipos, deficiencias de tipo teórico, y de tipo procedimental. Las **deficiencias de tipo teórico**, parecen ser debidas más a desconocimiento o falta de integración de contenidos, que a problemas conceptuales. Entre paréntesis se indica la consecuencia contrastable derivada de la primera hipótesis con la que se encuentra ligada la deficiencia o dificultad presente en algunos alumnos, y que la enseñanza habitual no ha conseguido corregir:

- Deficiencias en el conocimiento de los distintos tipos de plano, su clasificación, y las proyecciones a que dan lugar (B1).
- Deficiencias en el conocimiento de los distintos métodos de resolución y su limitación y conveniencia de uso según las características de la pieza (B2).
- Deficiencias en el conocimiento de las condiciones o reglas de correspondencia entre proyecciones de una vista a otra en el método de análisis de superficies (B3).

Las **deficiencias de tipo procedimental** (B4) parecen tener más bien un carácter de deficiencia en el modelo de resolución del problema seguido, es decir, en los métodos y estrategias de análisis y ejecución que se siguen:

- Deficiencias en el *análisis cualitativo* del enunciado, no interpretando toda la información presente o no siguiendo una adecuada *estrategia de análisis* (B4.1).
- Deficiencias en la *emisión de hipótesis*, recurriendo a la misma cuando no es necesario, o no planteando todas las posibilidades correctas (B4.2).
- Seguir una inadecuada *estrategia de trazado*, no recurriendo a elementos de referencia para el trazado proporcional y la correcta traslación de puntos de las proyecciones diédricas a la perspectiva (B4.3).

En consecuencia, tras el análisis realizado, damos por válidas las consecuencias contrastables de la primera hipótesis relativas a las deficiencias presentes en el aprendizaje logrado con la enseñanza habitual en la visualización de piezas (apartado 3.3).

Para finalizar, indicaremos que en este capítulo se ha intentado contrastar la primera hipótesis, que afirma que la enseñanza habitual de la visualización de piezas adolece de deficiencias didácticas que contribuyen a que los estudiantes presenten deficiencias y dificultades conceptuales y procedimentales en la resolución de estos problemas. Los distintos estudios experimentales que se han realizado han contrastado y validado las consecuencias en que se ha concretado la primera hipótesis, y han permitido identificar deficiencias importantes tanto en el modelo de enseñanza habitual seguido como en el aprendizaje logrado con el mismo.

Queda pendiente la cuestión de ver en qué medida es posible mejorar estos resultados desde un modelo de enseñanza/aprendizaje alternativo. Serán los resultados de la segunda hipótesis, que expondremos en la tercera parte de este trabajo, los que darán respuesta a esta cuestión.

## **TERCERA PARTE**

### **PROPUESTA ALTERNATIVA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA VISUALIZACIÓN.**

*La enseñanza no debe centrarse en lo que se debería enseñar; hay que enseñar sólo lo que se puede enseñar, es decir, lo que se puede aprender.*

*Ortega y Gasset*

*Lo que se oye se olvida, lo que se ve se recuerda, y lo que se hace se aprende.*

*Confucio*

## Capítulo 5.

### ENUNCIADO Y FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS DE TRABAJO.

En el capítulo 2 se ha emitido la primera hipótesis de trabajo que se ha tratado posteriormente en los siguientes capítulos, y que se centraba en el supuesto de que la enseñanza habitual de la visualización de piezas en la asignatura de Expresión Gráfica adolecía de deficiencias didácticas importantes.

Se ha analizado el proceso de enseñanza-aprendizaje para caracterizar los posibles factores que inciden en esta situación, analizando dos aspectos básicos del proceso: por un lado, las dificultades conceptuales o procedimentales que presenta la visualización de piezas, y por otro, cómo se aborda esa problemática y se enseñan esos conocimientos desde un punto de vista didáctico para que el estudiante los adquiera.

En la presentación y análisis de resultados en la contrastación experimental de la primera hipótesis se ha mostrado cómo desde el punto de vista de la enseñanza, tanto los libros de texto como las estrategias didácticas utilizadas por el profesorado presentan deficiencias didácticas (apartado 4.1).

Así mismo, se han presentado los resultados obtenidos en el análisis del aprendizaje logrado por los estudiantes con la enseñanza habitual de la visualización, del que se ofrece un resumen de deficiencias y dificultades en el apartado 4.2.2.

Verificada la primera hipótesis, que muestra que la enseñanza habitual en visualización adolece de deficiencias didácticas para la consecución de un aprendizaje con comprensión, es conveniente desarrollar un modelo alternativo que corrija y supere dichas deficiencias.

La segunda hipótesis general, que constituye la propuesta alternativa, sostiene que es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación

didáctica y que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes de los alumnos en la visualización de piezas.

## **HIPÓTESIS H2:**

*Es posible diseñar y desarrollar una enseñanza coherente con los resultados de la investigación didáctica, basado en un modelo de orientación constructivista, que proporcione una mejora significativa respecto a la enseñanza habitual en el aprendizaje de los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas, y que consiga mejorar asimismo el interés y las actitudes de los estudiantes respecto a la docencia de la asignatura.*

En los siguientes apartados del capítulo 5 se expone cómo se ha diseñado y desarrollado la propuesta alternativa, mostrando sus características básicas y el programa de actividades desarrollado como recurso didáctico para la visualización de piezas, tratando a continuación en el capítulo 6 la operativización y los diseños experimentales para la validación de la segunda hipótesis. En el capítulo 7, se muestran los resultados obtenidos en la valoración de la propuesta desde el punto de vista de la *enseñanza*, y se presentan y analizan así mismo las mejoras en los resultados obtenidos en el *aprendizaje* logrado con la propuesta alternativa, mediante la contrastación entre grupos de control y experimentales.

### **5.1. DESARROLLO Y CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA ALTERNATIVA.**

En el presente apartado se expone cómo se ha diseñado y desarrollado la propuesta alternativa, mostrando sus características básicas.

Una de las características de la propuesta alternativa ya ha sido expuesta en el capítulo 1, en el que se han tratado los indicadores de comprensión en la visualización de piezas que caracterizan el aprendizaje con comprensión del mismo. En el mismo capítulo se ha propuesto un *modelo de resolución de problemas* que incorpora las aportaciones de la investigación didáctica, adaptándolo al ámbito de la visualización, y aunando en un modelo único los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en la misma.

Es decir, una de las aportaciones del modelo alternativo es que transforma la enseñanza habitual de la visualización basado básicamente en la transmisión de los contenidos conceptuales necesarios, incorporando en la misma *conocimientos procedimentales* presentes en la resolución de los problemas de visualización que no son tratados en la enseñanza habitual, como se ha mostrado en el apartado 4.1.

Por otro lado, en el apartado 4.2 se han tratado en profundidad las deficiencias y dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje logrado siguiendo la enseñanza habitual. Una de las líneas de investigación seguidas en didáctica consiste en la comparación en la resolución de problemas entre expertos y novatos, para reconocer las diferencias entre expertos y novatos, e implementar posteriormente actuaciones que permitan que los novatos se hagan más expertos y mejoren su efectividad en la resolución de problemas. Es decir, se trata de determinar mediante la *comparación entre expertos y novatos*, cuáles son los *aspectos en los cuales se debe incidir* en la resolución de problemas de visualización. Esto constituirá otra de las características del modelo alternativo, que será orientado hacia la reducción de estas diferencias, tomando a los expertos como modelo de referencia a imitar.

Conviene aclarar que la comparación entre experto y novatos se centra en la detección de diferencias, y no proporciona una metodología de actuación de cara a la mejora en la efectividad en la resolución de problemas. Dependiendo de cuáles sean los aspectos en los cuales sea necesario incidir, habrán de desarrollarse estrategias específicas para mejorarlos en un marco didáctico determinado. Es decir, no sólo se trata de saber qué conocimientos han de enseñarse, sino también cómo esos conocimientos pueden ser adquiridos eficientemente por el estudiante. En este sentido, un marco de referencia que incorpora las últimas aportaciones de la investigación didáctica y que ha conseguido mejoras significativas en el proceso de enseñanza aprendizaje es el *modelo de enseñanza de orientación constructivista*. Las características generales de dicho modelo se muestran en el apartado 5.2, en el cual se expone además la forma en la que ha sido adaptada e implementada para la visualización de piezas y en la docencia general de la asignatura de Expresión Gráfica.

A partir del modelo de enseñanza de orientación constructivista, y en coherencia con el mismo, es posible desarrollar distintas estrategias didácticas dependiendo de las necesidades y deficiencias detectadas en el aprendizaje de los estudiantes, y de los objetivos planteados para la asignatura. En nuestro caso nos hemos planteado un *estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas*, como forma de integrar la teoría y los problemas en un proceso único de construcción de conocimiento (Gil et al. 1999).

Desde una concepción constructivista, el currículo no se concibe como un conjunto de conocimientos y habilidades que deben ser enseñados al estudiante, sino como el programa de actividades a través del cual dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos. Por ello, se ha desarrollado un *programa de actividades* que tiene en cuenta todos los aspectos comentados anteriormente, enmarcándolo en un *modelo de enseñanza basado en la resolución de problemas* (apartado 5.4).

La elaboración de un programa de actividades está en la línea de la conveniencia de transformar el currículo en programas de actividades resaltada ya en los años setenta por Furió y Gil (1978) y recogida en múltiples investigaciones en didáctica de las Ciencias (Guisasola, 1996; Martínez, 1998; Gil et al., 1987).

El aprendizaje de los alumnos se facilita cuando se enfrentan a tareas y actividades concretas y dirigidas dentro del vitae escolar. Esto exige que el conjunto de actividades posean una lógica interna que evite aprendizajes inconexos y procesos excesivamente erráticos, y que esté cuidadosamente estudiado para cubrir el contenido del tema objeto de estudio.

Esta idea de programas de actividades como una nueva concepción del currículo ha recibido un fuerte apoyo desde concepciones constructivistas (Driver y Oldham, 1986) que afirman que quizá la más importante implicación del modelo constructivista sea *“no concebir el currículo como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como el programa de actividades a través del cual dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos”*.

Por otro lado, en los últimos años, se ha producido un auge de los programas multimedia desarrollados para su utilización en la enseñanza. El uso de los ordenadores en el proceso de aprendizaje abre cada día nuevas e interesantes posibilidades en todos los campos y concretamente en el de la visualización. Nadie duda de que los recursos que aportan las Nuevas Tecnologías pueden enriquecer y facilitar el aprendizaje. Sin embargo, la tecnología informática, por sí misma, no es garantía de calidad en la enseñanza ni sinónimo de renovación pedagógica (Garrido, 1999). Son pocas las investigaciones realizadas sobre el modo óptimo de integrarlas en la docencia o sobre los resultados conseguidos con su utilización. Este será otro aspecto que ha sido tratado e incorporado en la propuesta alternativa, mediante el *desarrollo e integración de un sistema multimedia* para la docencia en visualización de piezas (apartado 5.3).

Resumiendo, las características de la propuesta alternativa integran los siguientes aspectos:

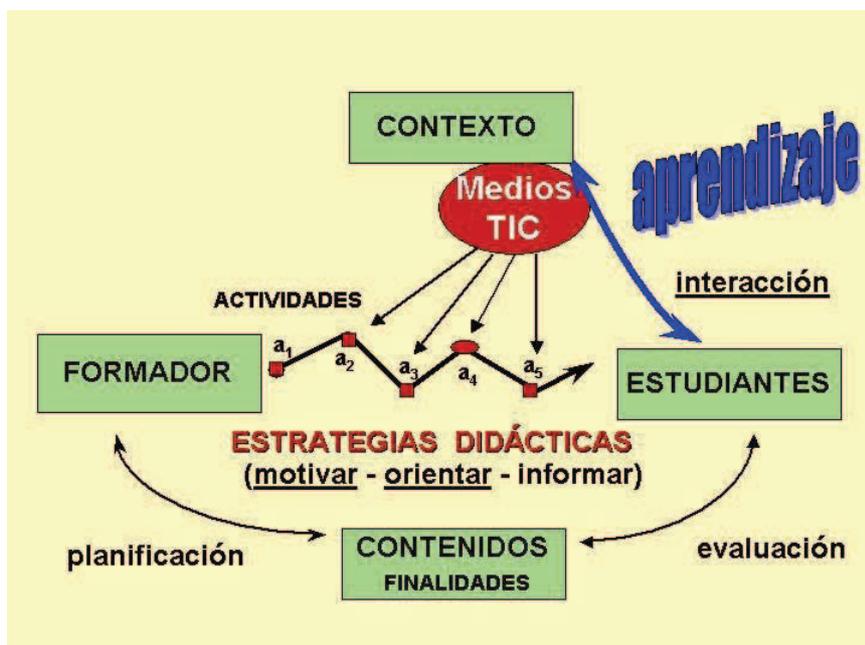
- Desarrollo de un modelo de resolución de problemas de visualización a partir de la revisión bibliográfica, del análisis del proceso de resolución por parte de expertos, y la incorporación de las últimas aportaciones de la investigación didáctica en la resolución de problemas.
- Integración en un modelo único de los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización.
- Incorporación de las características del modelo de enseñanza de orientación constructivista.
- Desarrollo de una estrategia de enseñanza y de un programa de actividades basada en la resolución de problemas, como forma de integrar la teoría y los problemas en un proceso único de construcción de conocimiento.
- Orientación del programa de actividades hacia la reducción de las diferencias entre expertos y novatos, tomando a los expertos como modelo de referencia a imitar, determinando así los aspectos en los cuales se ha de incidir.

- Integración de un sistema multimedia como herramienta didáctica de apoyo en la docencia de la visualización.

5.2. MARCO DE ENSEÑANZA DE ORIENTACIÓN CONSTRUCTIVISTA.

En capítulos anteriores nos hemos centrado en los contenidos conceptuales y procedimentales que el alumno debe poseer para conseguir un aprendizaje con comprensión en la visualización de piezas. El problema no suele consistir generalmente en la determinación de los contenidos a impartir, sino más bien, en cómo esos contenidos son aprendidos y asimilados por el alumno, o desde otro punto de vista, en cómo se ha de enseñar para conseguir que el alumno aprenda. Tras largos años de experimentación ha comenzado a emerger un consenso acerca de lo que significa aprender y cómo se realiza ese aprendizaje, lo cual ha conducido a un paradigma que se conoce como el constructivismo educativo (Novak, 1988), y que condicionan las estrategias de enseñanza que se vayan a utilizar.

Las estrategias de enseñanza en el marco del acto didáctico se concretan en una serie de actividades de aprendizaje dirigidas a los estudiantes y adaptadas a sus características, a los recursos disponibles y a los contenidos objeto de estudio. Determinan el uso de determinados medios y metodologías en unos marcos organizativos concretos y proveen a los alumnos de los oportunos sistemas de información, motivación y orientación. Los aspectos comentados y su interrelación se reflejan en la siguiente imagen:



Creemos que para que el aprendizaje en cualquier materia, y especialmente en aquellas en las que intervienen conocimientos procedimentales, sea significativo, es necesario llevar a cabo estas actividades en un marco de enseñanza de orientación constructivista.

Debido a que existen distintas aplicaciones o modelos de enseñanza dentro de este marco general constructivista, comentamos a continuación los distintos aspectos del mismo que hemos tratado de integrar en nuestra asignatura, y que se han desarrollado con mayor profundidad en la unidad didáctica de visualización: papel del alumno y del profesor, sistema de evaluación, perspectiva sobre la planificación de la asignatura, y la interacción o dinámica en el aula.

### **5.2.1. Papel de los estudiantes.**

Los profesores consideramos normal que el primero de los objetivos básicos a conseguir en una enseñanza eficaz es el de la asimilación de contenidos conceptuales. Sin embargo, no parece estar tan claro cómo se consigue eso, es decir, cómo se construyen los conocimientos, cómo aprende el alumno.

En este marco quien aprende construye activamente sus conocimientos, es decir, se tiene en cuenta que no se aprende reproduciendo simplemente lo que se lee o lo que se les enseña. En este sentido, hay una primera tesis ampliamente asumida en el marco constructivista que se refiere a la imposibilidad de “trasvasar” ideas o pensamientos a nuestros alumnos. Más concretamente se cita que: *“el conocimiento no puede ser recibido pasivamente sino que tiene que ser construido en forma activa por el sujeto cognitivo”*. Todo cambio en la organización cognitiva es una construcción personal del alumno a partir de experiencias de aprendizaje en las cuales pone en juego sus capacidades y las amplía (Coll, 1987; Driver, 1986; Luque, Ortega y Cubero, 1994). Estos nuevos modelos consideran el aprendizaje como una construcción de conocimientos, por parte de quien aprende, mediante la interacción de sus estructuras mentales con la información que recibe del exterior. Aprender es un proceso interno de cada individuo y es éste quien construye activamente significados en su estructura cognitiva relacionándolos con los que ya poseía. Desde esta perspectiva, se considera que debe ser el alumno el protagonista, el constructor de su propio saber, y el responsable último de su aprendizaje (Driver, 1986).

### 5.2.2. Papel del profesor.

En esta construcción el profesor puede y debe guiar el aprendizaje, pero no transmitiendo los conocimientos. El papel del profesor es el de investigador en el aula, que estudia y diagnostica los problemas de aprendizaje y al mismo tiempo trata de solucionarlos. En este modelo de enseñanza el profesor sigue dirigiendo la clase, pero abandonando el papel de transmisor continuo de información para adoptar el de facilitador-orientador del proceso de aprendizaje. El docente juega un papel flexible, y debe estar dispuesto a modificar las actividades previstas si fuese necesario.

El modelo de actuación profesional descansa sobre el presupuesto de que es imprescindible realizar una diagnosis de cada situación particular, ya que la naturaleza de los procesos de enseñanza/aprendizaje en cada aula tiene unas características particulares que exigen del profesor una actuación difícilmente sometida a la aplicación mecánica de normas.

Se requiere un modelo de actuación que descansa en la investigación del propio profesor en los procesos de enseñanza/aprendizaje, interrogándose permanentemente sobre el sentido y el resultado de su actividad, indagando sobre la propia práctica, para comprender y mejorar su actividad.

*“Reflexionar en y sobre la práctica supone partir de la práctica para analizar las situaciones, definir los problemas, elaborar procedimientos, cuestionar normas, reglas y estrategias utilizadas de forma habitual y automática, explicitar los procedimientos de intervención y de reflexión durante la acción.” (Pérez y Gómez, 1989).*

La investigación de los expertos sobre lo que hacen los profesores difícilmente transforma la práctica de éstos. Es casi inevitable que se produzca el cambio cuando es el mismo profesor el que indaga sobre su actividad (Stenhouse, 1984). De ahí la necesidad, insistentemente reclamada por este autor, de convertir el currículum en una experimentación permanente.

*“ El sistema educativo en el mundo moderno requiere un profesor con un alto grado de capacidad de actuación autónoma, que sepa diagnosticar la situación del aula, el ritmo de desarrollo de los alumnos, las peculiaridades de los procesos de aprendizaje, las exigencias del conocimiento académico disciplinar o interdisciplinar, al mismo tiempo que un profesional que sea capaz de incorporar las demandas sociales a los programas educativos. Además el logro del complejo y delicado equilibrio entre comprensividad y atención particular a las diferencias individuales dentro del aula reposa inevitablemente en las competencias del profesor ”. (Pérez y Gómez, 1989).*

### **5.2.3. Perspectiva sobre el currículum.**

Las investigaciones realizadas en torno al aprendizaje de “los conceptos”, “los problemas”, y “las prácticas de laboratorio” han mostrado que la casi total separación que la enseñanza habitual introduce entre las mismas hasta el punto de que en el nivel universitario son impartidas, a menudo, por distintos profesores, carece de sentido y ha de dejar paso a su integración (Gil, Furió et al., 1999).

Esta perspectiva afecta también al currículum, el cual se configura como una colección de situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes se impliquen en actividades mentales. Como señalan Driver y Oldham (1986), quizás la más importante implicación del modelo constructivista en el diseño del vitae sea *“concebir el currículum no como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como el programa de actividades a través de las cuales dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos y adquiridos”*.

Las actividades deben favorecer la comprensión de los conceptos, su clasificación y relación, la reflexión, el ejercicio de formas de razonamiento, la transferencia de conocimientos, la retención y uso activo del conocimiento en situaciones aplicativas concretas, etc. En este sentido se potenciarán los procesos de resolución de problemas, la actitud interrogativa de los estudiantes y el aprendizaje a partir de los errores.

Desde un punto de vista constructivista resulta esencial asociar explícitamente construcción de conocimientos a problemas: *“todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”* (Bachelard, 1938). En efecto, es bien sabido que cuando alguien se incorpora

a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello no mediante transmisión verbal, sino abordando problemas en los que quienes actúan de directores son formadores expertos. Por ello, se propone organizar el aprendizaje como una construcción de conocimientos mediante investigación dirigida, es decir, en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (el profesor) y en la que los resultados obtenidos por los alumnos deben ser reforzados, matizados o puestos en cuestión.

La programación se percibe por ello de manera flexible, de manera que se tratará de adaptarla a las necesidades del grupo en función de cómo se esté desarrollando el aprendizaje y del grado de asimilación de los contenidos que se imparten.

Se identificarán los contenidos y competencias básicas asociadas a la asignatura y se pondrán los medios para asegurar su adquisición a *todos* los estudiantes. Se concibe el programa docente desde una perspectiva abierta, con unos objetivos tendencia y una estructuración en amplios bloques temáticos que permitan su adaptación flexible a las circunstancias que se den en el desarrollo curricular y que facilite diversos niveles de profundización en la materia.

También prevé un cierto margen de maniobra en la temporización, de manera que dispongamos de tiempo para realizar actividades que nos permitan adaptarnos a imprevistos, a posibles dificultades de comprensión o al desarrollo de mayor amplitud de algunos bloques de contenido.

Dada la amplitud de la materia, los contenidos se tratarán de forma general, pero facilitando a los estudiantes vías para la autoformación. En este sentido las nuevas tecnología de información y los sistemas multimedia proporcionan una posibilidad con gran potencial para utilizar estas herramientas con fines didácticos.

#### **5.2.4. Dinámica de aula.**

La construcción del conocimiento en el aula es un proceso social y compartido. El aprendizaje es un proceso social en el sentido de que se aprende en interacción social, se realiza con la ayuda de otras personas que en el contexto escolar son el profesor y los

compañeros del aula. No sólo se aprende cuando se construye individualmente un conocimiento sino también cuando se dialoga y se comunica con las demás personas, compartiendo significados e integrándose en la misma cultura de aprendizaje. Podríamos definirlo, entonces, como un proceso de co-construcción o de construcción conjunta (Driver, Asoko, Leach, Mortimer y Scott; 1994).

La intervención educativa que realiza el profesor se contempla desde esta perspectiva como el ajuste de las actividades y de la dinámica del aula a las características del alumno y sus necesidades. La ayuda educativa, es decir, los mecanismos mediante los que se intenta influir en el desarrollo y el aprendizaje del alumno, se lleva a cabo a través de una serie de procedimientos de regulación de la actividad conjunta (Coll, Colomina, Onrubia y Rochera, 1992).

El aprendizaje, desde esta perspectiva, no es una reproducción del contenido a aprender, sino que implica un proceso de construcción. Enseñar es mediar en este proceso de aprendizaje, tanto en lo que respecta a la planificación y organización de actividades relevantes, como en la dirección del trabajo individual y en equipo, y la intervención en determinadas fases de la secuencia.

En el proceso de enseñanza/aprendizaje es necesario tener en cuenta que también hay que incorporar la componente de cambio actitudinal. Hay que pasar de un cambio de ideas y métodos “frío” a un cambio “cálidamente afectivo” teniendo en cuenta la dimensión afectiva del aprendizaje (Pintrich et al, 1993).

En la dinámica del aula se presta importancia a las interacciones y se promueve la cooperación, tanto entre alumnos como con el profesor, tratando de favorecer un clima de diálogo.

#### **5.2.5. Sistema de evaluación.**

La investigación didáctica ha puesto de relieve que las innovaciones en el currículo no pueden darse por consolidadas si no se reflejan en transformaciones similares en la evaluación (Linn, 1987). En efecto, poco importan las innovaciones introducidas o los

objetivos enunciados si la evaluación continúa consistiendo en pruebas terminales para constatar el grado de asimilación de algunos conocimientos conceptuales.

Es difícil encontrar funcionalidad a una evaluación consistente en el enjuiciamiento “objetivo” y terminal de la labor realizada por cada alumno. Por el contrario, como formador de investigadores novatos, el profesor ha de considerarse corresponsable de los resultados que éstos obtengan; su pregunta no será “quién merece una valoración positiva y quién no”, sino “qué ayudas precisa cada cual para seguir avanzando y alcanzar los logros deseados”. Para ello son necesarios un seguimiento atento y una retroalimentación constante que reoriente e impulse la tarea. Los alumnos han de ver valorado su trabajo y recibir ayuda necesaria para seguir avanzando o para rectificar, si es necesario (Novak, 1991; Coll, 1987). Se trata de concebir y utilizar la evaluación como un *instrumento de aprendizaje* que permita suministrar retroalimentación adecuada a los alumnos, y al propio profesor, contribuyendo así a la mejora de la enseñanza.

Una primera característica que ha de poseer la evaluación para jugar un papel orientador e impulsador del trabajo de los alumnos es que pueda ser percibida por éstos como una ayuda real, generadora de expectativas positivas. El profesor ha de lograr transmitir su interés por el progreso de los alumnos y su convencimiento de que un trabajo adecuado terminará produciendo los logros deseados, incluso si inicialmente aparecen dificultades. Se precisa un esfuerzo especial para dar a muchos alumnos la seguridad de que pueden llegar a hacer las cosas bien. Conviene para ello una planificación muy cuidadosa de los inicios del curso, comenzando con un ritmo pausado, planeando tareas simples, etc. Es preciso ser consciente de que unos primeros resultados negativos no sólo generan expectativas negativas en muchos profesores que “condenan” literalmente a los alumnos implicados, sino que para estos mismos alumnos constituyen, en general, un refuerzo negativo que les induce a abandonar, a adoptar una actitud de rechazo y de mínimo esfuerzo. Hay que evitar esto con todo tipo de ayuda, comenzando con la manifestación explícita y convencida de que los resultados negativos no son tales, sino que sirven para *detectar las insuficiencias* a cubrir, siguiendo con sobreenseñanza, trabajo con otros compañeros, etc., y terminando con la realización de nuevas pruebas que muestren los procesos conseguidos.

Algunos profesores piensan que ello ha de traducirse en pérdidas de tiempo que perjudicarán a los alumnos bien preparados, cuyo derecho a aprender no debe ser ignorado. Pero, en realidad, lo que sucede es todo lo contrario: esta aparente pérdida de tiempo inicial permite romper con la rémora que supone a lo largo del curso la existencia de un núcleo importante de alumnos que “no siguen”. Se produce así un progreso global favorable también para los alumnos mejor preparados. Todo esto debe ser explicitado para evitar inquietudes y tensiones innecesarias y transmitir, en definitiva, expectativas positivas en todos los alumnos.

Si aceptamos que la cuestión esencial no es averiguar quiénes son capaces de hacer las cosas bien y quiénes no, sino *lograr que la gran mayoría consiga hacerlas bien*, es decir, si aceptamos que el papel fundamental de la evaluación es *incidir positivamente en el proceso de aprendizaje*, es preciso concluir que ha de tratarse de una evaluación *a lo largo de todo el proceso* y no de valoraciones terminales. Ello no supone, como a menudo interpretan los profesores y los propios alumnos, parcializar la evaluación realizando pruebas tras períodos más breves de aprendizaje para terminar obteniendo una nota por acumulación (Satterly y Swan, 1987), sino, integrar las actividades evaluadoras a lo largo de proceso con el fin de incidir positivamente en el mismo, dando la *retroalimentación adecuada* y adoptando las *medidas correctoras* necesarias (Colombo, Pesa y Salinas, 1986).

Una orientación constructivista del aprendizaje permite que cada actividad realizada en clase por los alumnos constituya una ocasión para el seguimiento de su trabajo, la detección de las dificultades que se presentan, los progresos realizados, etc. Ello no elimina, sin embargo, la necesidad de pruebas individuales que permitan constatar el resultado de la acción educativa en cada uno de los alumnos y obtener información para reorientar convenientemente su aprendizaje.

En resumen, se ha seguido un sistema de evaluación procesual, en el que no se pretende seguir una evaluación sancionadora, sino concebir la evaluación como una manera de que el profesor conozca las deficiencias de sus alumnos y pueda diseñar las ayudas precisas para que puedan seguir avanzando en el proceso de construcción. Al mismo tiempo, las situaciones de evaluación deben ayudar a los estudiantes en el conocimiento y regulación de sus propios avances, permitiéndoles percibir su propio avance y sus

deficiencias. Se trata por tanto de un proceso de retroalimentación continuo tanto para el profesor, para que modifique y readapte las actividades de enseñanza programadas, como para el alumno, que deberá esforzarse más en aquellos aspectos en los que se han detectado deficiencias.

En esta evaluación del proceso, es esencial conocer los conocimientos previos de los alumnos al inicio del curso. En la experimentación de la propuesta alternativa se realizan dos pruebas al inicio de curso: uno, que mide los conocimientos de los alumnos en dibujo, y otro, que mide mediante el test SR-DAT la capacidad espacial del alumno.

*“Conocer objetivamente la situación de partida, esencial para definir objetivos realistas, nos obligaría a efectuar una evaluación inicial previa al inicio del curso. A partir de ella, sería posible señalar niveles de prioridad en los objetivos y aún establecer distintos niveles de trabajo entre los estudiantes, adecuados a la preparación de cada uno. Se trataría de una enseñanza a la carta hasta donde fuera posible, evitando el dilema del profesor, vacilante entre dedicarse a los alumnos de alto nivel, obteniendo un notable progreso de ellos y abandonando a los demás a su suerte, o tratar de elevar a los de nivel más bajo, con lo que los mejores pierden el tiempo y la posibilidad de progresar en toda medida sus posibilidades” (Guirado y Leiceaga, 2001).*

Considerando también su importancia como factor de motivación extrínseca, se establece un sistema de evaluación continua, formativa, que contempla la posible realización de diversas actividades durante el curso, cada una de las cuales representa un porcentaje de la nota final. Para los alumnos que van realizando adecuadamente las tareas previstas en el marco de la evaluación continua, el examen final constituye una actividad más que supone simplemente otro porcentaje de la nota final; para los alumnos que no han podido realizar bien todas las actividades de la evaluación continua, el examen final supone la clásica evaluación sumativa que determina prácticamente su nota.

Con este sistema se ayuda a los estudiantes a planificar y dosificar sus esfuerzos y se les va orientando sobre la calidad de sus aprendizajes a partir de los trabajos que van realizando.

Para ello, se han llevado a cabo distintas situaciones de evaluación a lo largo del curso: por un lado, los alumnos resuelven problemas en clase individual y colectivamente. Esto permite al profesor tener una idea global de la marcha general del grupo, y readaptar en consecuencia las actividades de enseñanza.

Además, se han evaluado trabajos semanales que el alumno realiza individualmente en casa, para encontrar las deficiencias de cada uno de ellos, y aconsejar distintos refuerzos personalmente. Disponemos así de un número elevado de resultados de cada alumno, reduciendo sensiblemente la aleatoriedad de una valoración única. Por último, se realizan controles a lo largo del curso de una o varias unidades didácticas con el fin de ir integrando y relacionando los contenidos presentes en ellas.

Pretendemos con todo lo comentado en este apartado encontrar la manera de conseguir un aprendizaje activo, motivador, participativo, flexible, autorregulador, y adaptable a las necesidades del grupo.

### 5.3. INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA MULTIMEDIA.

Una vez visto el marco didáctico en el que se basa nuestro trabajo conviene fundamentar cómo la integración del ordenador y de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC) pueden influir en el proceso de enseñanza/aprendizaje.

#### 5.3.1. Introducción y antecedentes sobre las TIC.

Entendemos por Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NNTT o NTIC) el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (hardware y software), soportes de la información y canales de comunicación relacionados con el almacenamiento, procesamiento y transmisión digitalizados de la información (González et al., 1996).

La utilización de las nuevas tecnologías en la enseñanza está plenamente justificada si tenemos en cuenta que uno de los objetivos básicos de la educación ha de ser “la

*preparación de los adolescentes para ser ciudadanos de una sociedad plural, democrática y tecnológicamente avanzada”* (Gil, 1991). Así pues, por ejemplo, las actuales orientaciones curriculares del sistema educativo español contemplan acertadamente la incorporación de *“las nuevas tecnologías de la información como contenido curricular y también como medio didáctico”* (MEC, 1989).

Son bien conocidas las posibilidades que los ordenadores ofrecen para recabar informaciones y contrastarlas, para proporcionar rápida retroalimentación, para simular y visualizar situaciones (Loewe, 1996) o, en otro orden de cosas, para conectar con el interés que los nuevos medios despiertan en los alumnos (Barberá y Sanjosé, 1990; Songer, 1998).

Pero el cambio en el soporte material de la enseñanza (paso del uso exclusivo de texto impreso a documentos multimedia), aunque sea tan amplio como el que estamos contemplando en la actualidad, no implica necesariamente un mejor aprendizaje. Las NNTT deben estar integradas en la planificación general no sólo como un factor de motivación -ya que como es lógico, desaparecerá en cuanto no resulte novedad-, sino como un apoyo real al aprendizaje de los alumnos y, por tanto, relacionado con los objetivos de la educación. Así pues, se hace indispensable la implicación de los profesores de las diferentes áreas y niveles educativos, es preciso que estén informados, que investiguen, que apliquen las NNTT en la enseñanza y que discutan sobre los resultados obtenidos.

Al tratar sobre la contribución de las NNTT en la educación no se puede obviar una referencia a Internet, la red de redes que conecta a millones de personas, instituciones, empresas, centros educativos de investigación, etc., de todo el mundo.

La contribución de Internet a la innovación educativa está dando sus primeros pasos en nuestro país. La comunidad educativa tiene un reto que deberá afrontar en breve plazo de tiempo; la telemática es una herramienta susceptible de ser utilizada de muy variadas maneras y es indudable que ofrece, al profesorado y a los estudiantes, nuevas posibilidades de información, formación y comunicación (Salinas, 1995; Peña, 1998).

Es indudable que en un mundo dominado por la información, los recursos que podemos encontrar en Internet ofrecen un campo de actuación que puede enriquecer las experiencias de aprendizaje, ya sea utilizado como fuente de recursos por parte de los profesores y los estudiantes, ya sea como escenario de acceso a la información e intercambio de experiencias (Alvarez, 1997; Mañá, 1997; Oñarbe, 1999).

Las NNTT son muy atractivas ya que ofrecen la posibilidad de experimentar unos nuevos modos de aprender y de ampliar los horizontes comunicativos de profesores y estudiantes. Pero junto con el atractivo que presentan, existen muchos aspectos sobre los que los profesores debemos reflexionar. Una explotación efectiva de las posibilidades educativas que proporcionan las NNTT requiere una nueva mentalidad de profesores y alumnos con respecto al proceso de enseñanza/aprendizaje y también al acceso a la información y comunicación.

En el campo de la educación lo realmente importante no son las posibilidades que abren las nuevas tecnologías sino el uso adecuado que se haga de ellas para ayudar a los estudiantes, profesores y a cualquier usuario a mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje. En este sentido, ante todo, el profesorado ha de estar formado y preparado para transmitir nuevos sistemas de estudio y aprendizaje.

Existen dos enfoques generales sobre la aplicación de las NNTT en la educación (Quintana 1997):

- El *instruccionista-transmisor*, que tristemente se ha ido revalorizando gracias al maquillaje de los colores, de las imágenes en movimiento y de los sonidos de los programas informáticos que han permitido los entornos multimedia.
- El *mediacional-constructivo* que se está consolidando poco a poco gracias a la aparición de distintos recursos informáticos para la creación de actividades educativas por parte del profesorado, y a su uso en entornos de aprendizaje significativos y contextualizados.

Así, si en su momento los programas informáticos de Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO) eran el paradigma del instruccionismo y de la enseñanza programada

por sus características de contenidos cerrados y no modificables, de estructura lineal y poca interacción, actualmente los programas de EAO, se han ido diversificando y reubicando, tanto su concepto como la realidad de los productos, llegándose a reformular el propio concepto de EAO.

Y por esto podemos hablar de recursos informáticos en la educación en el sentido de Enseñanza y Aprendizaje Asistidos por Ordenador (EAAO), o si se quiere, en el sentido de que el Ordenador Asiste la Enseñanza para facilitar el Aprendizaje del alumnado. O sea, el ordenador como instrumento que media en los procesos de enseñanza y aprendizaje en el marco de la concepción triádica de la interacción educativa (Alumnado, Profesorado y Materia).

La renovación de la escuela pasa necesariamente por la incorporación de las innovaciones tecnológicas en sus espacios, obviamente desde orientaciones bien fundamentadas que posibiliten la *optimización de los procesos* que en ella se desarrollan.

No hay que olvidar que la adquisición de conocimientos sobre las herramientas a utilizar no garantiza una auténtica renovación metodológica para su aplicación en el aula. Es fácil aceptar la necesidad de una formación del profesorado que actualice las estrategias docentes en cuanto al dominio de las Nuevas Tecnologías, con la esperanza de que se rompa definitivamente con la inercia de la clase magistral como fuente primordial del conocimiento, y se favorezca el *autoaprendizaje y la regulación* del mismo por el alumno (Alonso et al., 1995).

Es un hecho innegable que la introducción de cualquier tecnología de la información y comunicación en el contexto educativo pasa necesariamente por un profesor que tenga actitudes favorables hacia las mismas y una capacitación adecuada para su incorporación en la práctica profesional.

En la actualidad nos encontramos con una paradoja. Por una parte, existe una amplitud de tecnologías como nunca antes la había habido, y por otra, nos encontramos con que la práctica de la enseñanza se sigue apoyando en dos medios básicos: el libro de texto u

otra variaciones impresas, y el profesor como transmisor y estructurador de la información.

El problema estriba en cómo aprovechar esta nueva herramienta para acercar y facilitar el conocimiento a los alumnos. Se trata de encontrar el modo de integrarla en nuestras actuales estructuras docentes, modificándolas, para conseguir una mejora de la calidad de la educación.

En un marco de aprendizaje de orientación constructivista, la integración de las NNTT no se contempla como una herramienta que sustituya por completo al profesor y que derive en la eliminación de la docencia presencial, sino como *un recurso más* a utilizar para conseguir una mejora del aprendizaje, desarrollando actividades utilizando las herramientas que proporcionan las nuevas tecnologías, pero sin obviar el papel del profesor como el experto que ayuda y guía el aprendizaje de los estudiantes, ni el resto de aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje y estrategias didácticas diversas que pueden y deben ser utilizadas en función de los objetivos que se persiguen.

*Una característica enormemente importante, de la EAC (Enseñanza Asistida por Computador) es que no prescinde del profesor sino que lo potencia, posibilitando que dedique más tiempo a labores más críticas de la enseñanza, en las que el computador no puede intervenir (que por cierto existen y son muy importantes). En este sentido pensamos que la realización manual de dibujos por parte del alumno no debe modificarse debido al contenido formativo que conlleva. Las explicaciones teóricas, aunque puedan ayudarse de estas técnicas, seguirán siendo dirigidas o incluso realizadas por el profesor, sobre todo en los conceptos más complejos. Quizás la parte donde puede tener mayor incidencia se produzca en la realización de ejercicios, puesto que un alumno necesita más que los hechos en clase para poder considerar asimilada la materia. Estos ejercicios (que no presentan conceptos nuevos) se pueden realizar con el computador de forma óptima (Alvarez Peñín, 1999).*

Se impone la coexistencia de los medios informáticos con los recursos didácticos tradicionales aprovechando lo mejor de cada uno de ellos según el contexto del aprendizaje. El profesor tiene que ser consciente tanto de las virtudes como de las limitaciones del entorno informático en relación con los recursos clásicos del aula.

*Estamos convencidos de que el ordenador no es la panacea; pero es posible su utilización en varios temas y en aspectos concretos de forma que complemente, y no desplace, a otros recursos didácticos. Utilizado adecuadamente puede constituir un medio más, que en el aula, en el laboratorio o en la propia casa del alumno, enriquezca y refuerce el proceso enseñanza/aprendizaje (Hervas, 1990).*

*Además, los sistemas multimedia permiten al profesor utilizarlas para la exposición de la materia, apoyando o sustituyendo en algunos casos mediante animaciones y representaciones tridimensionales las tradicionales explicaciones de sistemas difíciles de representar en el tablero, o explicaciones verbales (Oriozabala, 1999).*

### **5.3.2. Realidad virtual y visualización.**

En el ámbito de la enseñanza en Expresión Gráfica, una de las posibles causas por las que un alumno tiene dificultades en la visualización de piezas podría ser debida a un desarrollo deficiente de la visión espacial tridimensional, consecuencia de una deficiencia en el desarrollo genérico de esta habilidad en las etapas educativas previas a la entrada en la universidad.

La capacidad para formar y controlar imágenes mentales tridimensionales se llama *habilidad espacial o visión espacial* que se puede definir como la habilidad para yuxtaponer, manipular y orientar un objeto mental y crear estructuras mentales a partir de orientaciones escritas o verbales. Comprende aspectos variados que van desde el reconocimiento de formas y orientación hasta el procesamiento de información desde dos dimensiones a tres dimensiones y viceversa (Pérez de Eulate et al., 1999).

El aspecto concerniente al procesamiento de información desde dos dimensiones a tres dimensiones para trazar la perspectiva de una pieza a partir de su representación diédrica en el plano ya ha sido tratada en los capítulos anteriores, centrándose en los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en ese proceso (Capítulo 1). La habilidad espacial o visión espacial, entendida como una destreza general para yuxtaponer, manipular y orientar un objeto mentalmente, es sin embargo, otro aspecto

implicado en la visualización, que en el caso de presentar deficiencias por parte del alumno puede constituir una dificultad añadida al propio proceso de resolución de un problema de visualización.

En este sentido, nos planteamos la posibilidad de utilizar un sistema multimedia basado en la tecnología VRML como una forma de reducir esas dificultades y paliarlas mediante la interacción objeto-usuario por parte del alumno, tratando de subsanar las posibles dificultades debidas a la diferencia entre “la realidad”, y “su representación”. Es necesario comprender que las gráficas en dos dimensiones, ya sea sobre papel o en la pantalla de una computadora, son una *representación de información existente en otra forma*.

Desde una perspectiva constructivista, todo cambio en la organización cognitiva es una construcción personal del alumno a partir de experiencias de aprendizaje en las cuales pone en juego sus capacidades y las amplía. Lo que permite que el estudiante se apropie de unos determinados contenidos es el establecimiento de relaciones que se da entre la organización cognitiva y la “realidad”. Así, nuestro conocimiento no es una mera copia, sino una verdadera construcción, donde el individuo no es un agente receptor sino una entidad que media en la selección, la evaluación y la interpretación de la información, dotando de significado a su experiencia. El proceso final resultante no es un reflejo de una hipotética realidad externa, sino una construcción en la que han tomado parte tanto elementos del entorno como los esquemas cognitivos del sujeto (Carey, 1986; Coll, 1987; Driver, 1986; Luque, Ortega y Cubero, 1994).

En todo proceso de enseñanza/aprendizaje en el cual la imagen tenga un protagonismo determinante, el empleo de recursos visuales o audiovisuales será no solamente recomendable sino completamente necesario. La realidad virtual supone un nuevo paso adelante. Permite al discente acceder a una información sensitiva de una manera mucho más rica, práctica y “real”. Para empezar, rompería con el mundo bidimensional al que están hoy sujetos, aún, los medios audiovisuales para entrar en un mundo tridimensional.

*Todo ello es de vital importancia dentro de un entorno interactivo concebido para el aprendizaje. Si lo importante es crear distintos estímulos en el estudiante para buscar*

*con ello un aprendizaje significativo, dentro de un marco constructivista, por este motivo consideramos como herramienta muy valiosa las páginas Web, que por sus características multimedia ofrecen actualmente la posibilidad de emplear distintos lenguajes (texto, sonido, imagen, audiovisual, etc.), que actúan en los distintos sentidos humanos, para potenciar el aprendizaje. La realidad virtual se muestra como un entorno idóneo para alcanzar distintos objetivos didácticos (Gómez, 1999).*

En este mismo sentido, y ya en el ámbito de la visualización, Bertoline (1997) propone la utilización de modelos virtuales que permitan la interacción, como una forma de crear una realidad virtual que permita una experiencia casi real:

*“Otra manera de mejorar la habilidad de las personas para visualizar un objeto o escena en 3D es hacer su experiencia lo más realista posible. Si se dispone del objeto o la escena reales para experimentar con ellos, entonces las personas podrán poner todos sus sentidos a trabajar viendo, tocando, escuchando y moviéndose por el espacio. Pero muchas veces el objeto real no está disponible, ya sea porque éste no existe (por ejemplo, el diseño de un producto nuevo) o porque es demasiado costoso o peligroso (por ejemplo, un avión de combate). Con frecuencia, cuando el objeto real no está disponible, las herramientas de CAD pueden emplearse para construir un modelo virtual del objeto o escena. La meta no es sólo hacer el modelo lo más realista posible sino también permitir una mejor interacción con el modelo, con lo que se crea una realidad virtual. Esta tecnología lucha por crear un sentido de “estar ahí”, como si fuese una experiencia real.” (Bertoline, 1997).*

Existen algunos trabajos de investigación en otras áreas de docencia realizados con sistemas multimedia dinámicos o con soporte VRML que han conseguido mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje. Así, podríamos citar trabajos relacionados con la geometría molecular, que han mostrado la superioridad del uso de simulaciones dinámicas informatizadas de átomos y moléculas sobre el uso de representaciones estáticas (Williamson y Abraham, 1995), o programas informáticos con representaciones multimedia que favorecen el aprendizaje de las biomoléculas (Parril y Gervay, 1997). También se ha descrito cómo el uso de modelos moleculares informatizados mejoran la visualización y la comprensión de distintos conceptos de química orgánica (Dori y Barnea, 1977). Existen diversas aplicaciones informáticas de

edición y de visualización de modelos moleculares tanto en 2D como en 3D. La mayor parte de ellos generan o visualizan modelos tridimensionales que permiten la interactividad, como manipulaciones, giros, traslaciones, etc.

*Parece que a la vista de los resultados de la investigación sobre el uso de tecnología, las estrategias desarrolladas utilizando recursos que aportan las TIC pueden mejorar la capacidad de percepción espacial de los estudiantes (Garrido, 1999).*

También en el área de Expresión Gráfica es posible encontrar numerosas comunicaciones presentadas a Congresos relacionadas con la EAO y las NNTT, que muestran aplicaciones informáticas multimedia desarrolladas con soporte VRML o que relacionan esta herramienta con la posibilidad de aumentar la capacidad espacial o la habilidad de visualización. Citamos a continuación a título de ejemplo algunas de ellas:

Se ha desarrollado una aplicación implementada para su utilización en la web como ayuda o apoyo a la docencia de expresión gráfica en el marco de un proyecto de investigación denominado “Desarrollo de entornos virtuales avanzados en el área de expresión gráfica”, “*que hace especial hincapié en el desarrollo de la capacidad de visualización espacial utilizando como herramienta el VRML*” (Suárez, García, Martín, Sanjuán, 2002).

*La interactividad también es un punto importante en materia de Expresión Gráfica. Estamos acostumbrados a trabajar sobre planos, que al final es una dimensión 2D y sobre la que tratamos de comprender esa tercera dimensión. En esta aplicación se introducen objetos 3D con los que el alumno puede interactuar, moverlos en el espacio, comprobar su funcionamiento, introducirse por un espacio, lo cual facilita enormemente la comprensión espacial (Morer y Cano, 2000).*

*La implantación de los sistemas CAD es considerada como especialmente válida para facilitar la habilidad en visualización (Conesa, Company y Gomis, 2001).*

*En el caso de la Expresión Gráfica los sistemas multimedia actuales pueden hacer más fácil al alumno la comprensión y visualización de planos, tanto de piezas simples como de conjuntos mecánicos, mediante la creación de bibliotecas de piezas y conjuntos en*

*3D visualizables con VRML, así como la comprensión de su funcionamiento mediante animaciones* (Orioabala, 1999).

### **5.3.3. Características del sistema multimedia desarrollado.**

Durante los últimos seis años se ha venido desarrollando en la sección departamental del departamento de Expresión Gráfica de la EUITI de San Sebastián un sistema multimedia dirigido a mejorar la comprensión de los ejercicios de la asignatura de Expresión Gráfica del primer curso de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial.

El programa se ha desarrollado en el marco de un proyecto de innovación docente titulado "Integración de un sistema multimedia para la mejora de la enseñanza en el área de la Expresión Gráfica", estando financiado por la EUITI de San Sebastián en su Plan de Calidad.

Se ha tratado básicamente de disponer de una colección completa de ejercicios de la asignatura en un entorno multimedia accesible desde Internet, utilizando para ello las herramientas que las nuevas tecnologías de información proporcionan, tales como el VRML (virtual reality modelage language), junto con las aplicaciones, plug-ins, y visualizadores desarrollados para este entorno.

Hubiera sido posible haberlo desarrollado también utilizando alguna herramienta de autor, o aplicaciones como Visual Basic, pero se ha elegido desde el primer momento este entorno pensando en las posibilidades que esta tecnología proporciona como medio de comunicación, pudiendo ser utilizado como módulo de autoformación a distancia y complemento a los medios y procedimientos habituales de enseñanza.

El sistema multimedia ha sido desarrollado utilizando distintos programas comerciales. Para el modelado de las piezas se han utilizado diversos programas como AutoCAD, Solid Edge, 3Dstudio, y 3D MAX, ya que todos ellos permiten guardar o exportar los archivos al formato VRML. Para el trazado de los enunciados y las soluciones de los problemas en los sistemas diédrico o en perspectiva, se ha utilizado el programa AutoCAD, y para la creación de las páginas Web, FrontPage de Microsoft. Las

animaciones correspondientes al funcionamiento de los conjuntos mecánicos han sido realizados con 3Dstudio y 3D Max. Algunos enunciados han sido exportados a formato imagen, y han sido retocados utilizando PhotoShop y PhotoPaint.

Las páginas Web pueden ser abiertas utilizando tanto Netscape como Explorer. La visualización de los archivos VRML es posible utilizando cualquiera de los visualizadores de este lenguaje disponibles en el mercado, como CosmoPlayer, que constituyen plug-ins que se incorporan a los navegadores. Se utiliza también en ocasiones el programa VRMLView, que permite visualizar los archivos de ese formato sin necesidad de recurrir al navegador, y abre nuevas ventanas para cada archivo VRML abierto, pudiendo personalizar su posición, dimensiones, y configuraciones personales de presentación.

Los archivos de los enunciados y soluciones en 2D se visualizan utilizando el plug-in WHIP! de AutoCAD desarrollado para los navegadores. Este visualizador permite ver los archivos y realizar zooms o encuadres, para aumentar alguna parte del enunciado o de la solución que se está visualizando y poder así verla con mayor detalle.

A través de los enlaces o hipervínculos de las páginas desarrolladas es posible acceder a todos los ejercicios de Dibujo Técnico que se proponen a los alumnos en la asignatura, pudiendo observar todas las piezas y conjuntos tanto en plano como en VRML, además de disponer de las soluciones de los ejercicios, y de animaciones de montaje y funcionamiento de diversos mecanismos.

En las siguientes figuras se observa a modo de ejemplo algunas de las páginas y ejercicios desarrollados en la aplicación general.

En el apartado 5.4, en el que se presenta el programa de actividades de la propuesta alternativa, se concretará cómo se ha integrado en la misma la parte del sistema multimedia correspondiente a la visualización de piezas.

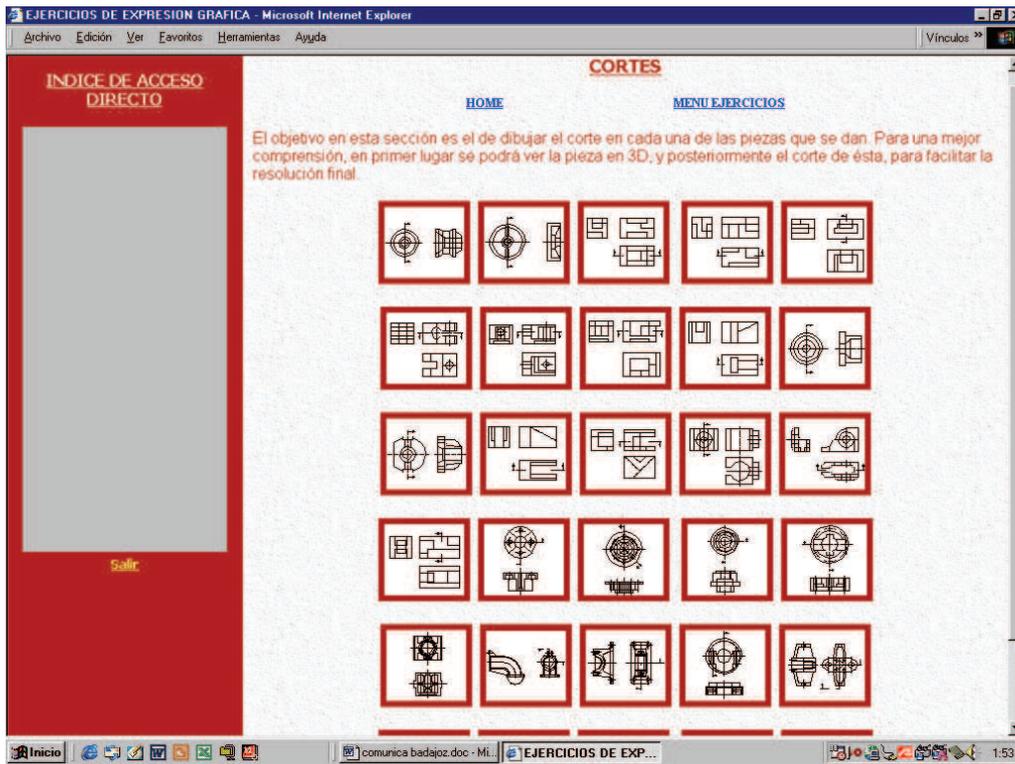


Fig. 1 – Enlace a ejercicios de cortes y secciones

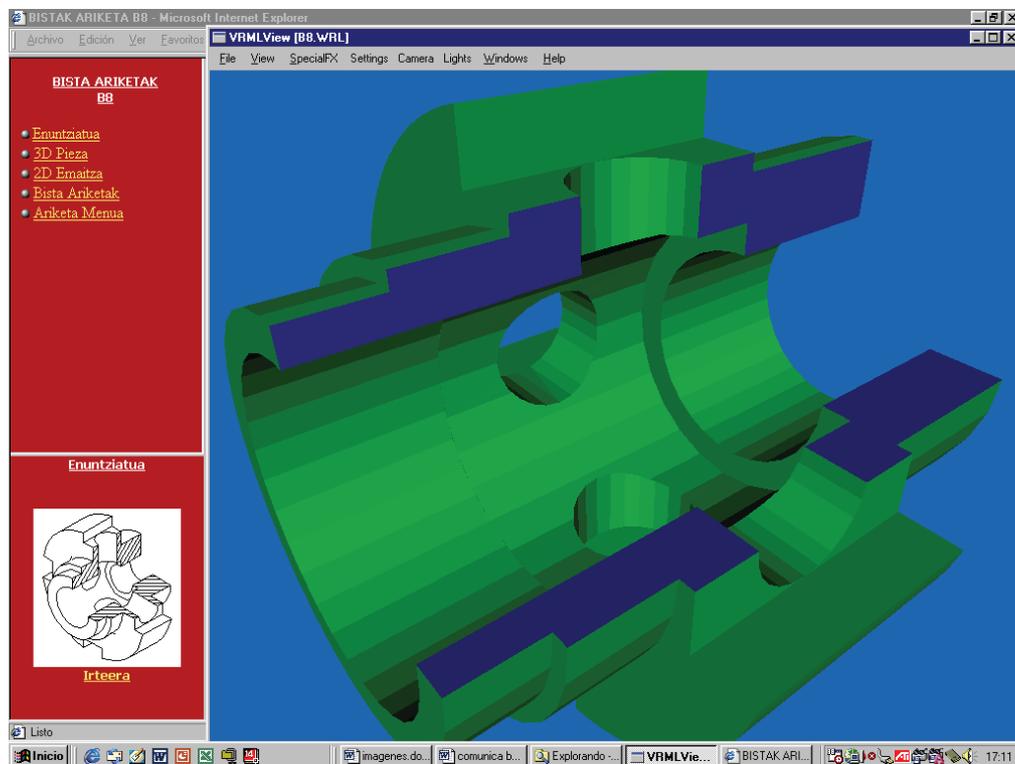


Fig. 2 – Pieza con corte en formato VRML

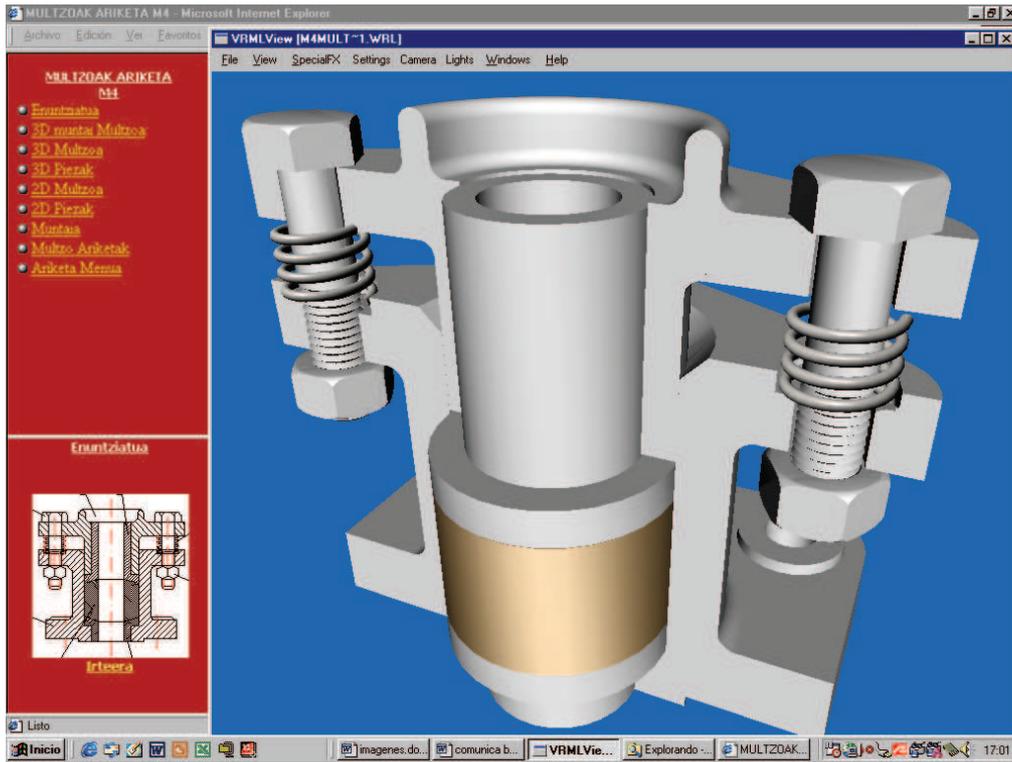


Fig. 3 – Conjunto de prensa-estopa en VRML

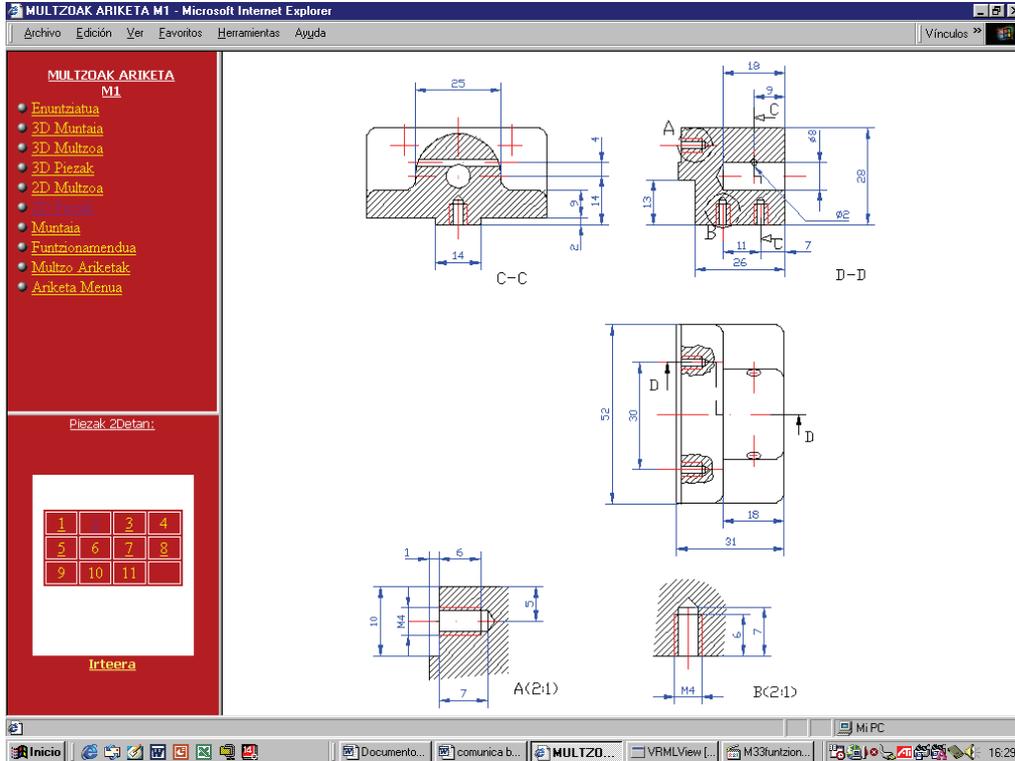


Fig. 4 – Plano de pieza visualizado con WHIP

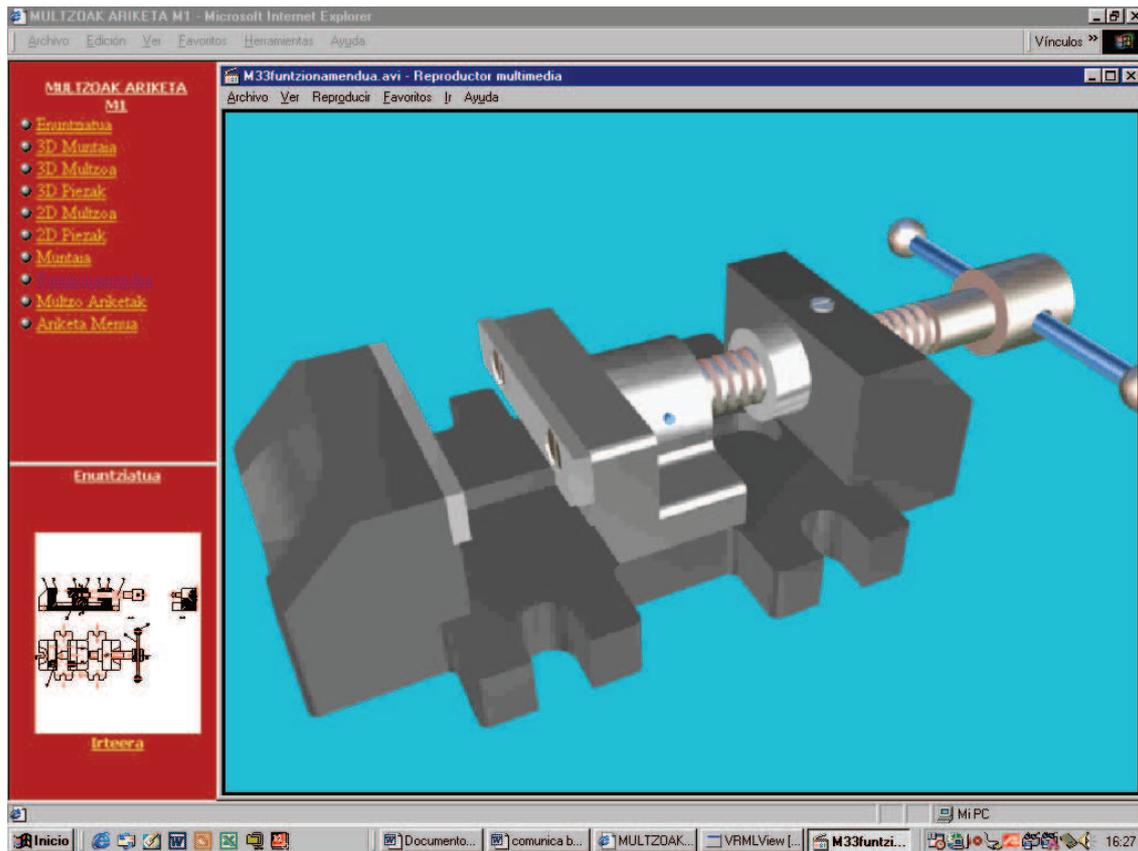


Fig. 5 – Animación del funcionamiento de un mecanismo

#### 5.3.4. Metodología didáctica en la utilización del sistema multimedia.

A la hora de desarrollar el sistema multimedia se ha tenido en cuenta la metodología didáctica que se iba a seguir en su utilización, tanto en el aula, como por parte del alumno en su casa. En el aula, su utilización se contempla como un elemento de apoyo al profesor, mientras que para el caso de su utilización en casa del estudiante se pretende que constituya un elemento de autoaprendizaje, autorregulación y refuerzo complementario.

Se han tenido en cuenta los resultados obtenidos por varios trabajos de investigación en cuanto a la metodología didáctica a utilizar en el uso del ordenador.

##### 5.3.4.1. Utilización del sistema en el aula.

Entre las conclusiones de la tesis doctoral “Eficacia de un Sistema EAO hipermedia en la enseñanza del Dibujo Técnico Industrial” (De los Frailes, 1998), se afirma:

*A la luz de los resultados de este trabajo de investigación, tenemos que manifestar que hay suficiente evidencia de que el programa de EAO hipermedia experimentado, además de motivador para el estudio, resulta eficaz en el aprendizaje del dibujo técnico industrial en estudios de Formación Profesional y Bachillerato Tecnológico, y que al menos resulta atrayente para el aprendizaje de dicha disciplina en estudios de Ingeniería Industrial e Ingeniería Técnica Industrial, por todo lo cual entendemos que su aplicación en el aula, como complemento a las clases que imparte el profesor es recomendada. (De los Frailes, 1998).*

En el trabajo de investigación “Estudio del uso del ordenador sobre el rendimiento y la motivación: análisis estadístico y evaluación de una experiencia” (Hervas, 1990), se concluye que:

*La metodología didáctica en el uso del ordenador ha de ser flexible. Los alumnos prefieren un tipo u otro de metodología, según las características del tema; pero en todos los casos son partidarios de su utilización.*

...

*La motivación de los alumnos es mayor con el uso del ordenador en la clase tradicional.*

...

*Concluimos que los alumnos prefieren emplear el ordenador en clase normal con todo el grupo.*

De acuerdo con lo anterior, en el aula, el sistema se ha utilizado como herramienta de apoyo en las clases de la asignatura, compaginándola con el resto de medios disponibles (pizarra, retroproyector, y apuntes de la asignatura), siendo proyectada en el aula utilizando un ordenador portátil y un cañón.

Cuando en el aula se propone la realización de alguna actividad, el profesor introduce la misma, indicando los objetivos que persigue la actividad, y realizando comentarios sobre los conceptos o procedimientos implicados en la resolución de los problemas.

En general, cuando se presenta por primera vez una actividad, el profesor analiza y resuelve por completo el problema propuesto como ejemplo, y como una manera de integrar en una sola actividad los conocimientos de la asignatura y la aplicación de los mismos en la resolución de algún problema.

En ocasiones es necesario dar a conocer al alumno algún conocimiento nuevo antes o durante la resolución del problema, que será expuesto en la pizarra, mediante transparencias, o incluso mediante el recurso en algún momento al sistema multimedia.

Los enunciados de los problemas son proyectados en una pantalla disponible en el aula utilizando el sistema multimedia. Los alumnos tienen una copia del enunciado en el programa de actividades desarrollado.

A continuación, se propone al alumno la realización de al menos otro problema correspondiente a la misma actividad. Tras el análisis del enunciado, individualmente y cooperativamente con los compañeros del aula, se realiza una puesta en común dirigida por el profesor en la que los alumnos participan haciendo comentarios y planteando distintas alternativas. Caso de detectar deficiencias o errores en las aportaciones realizadas, el profesor o los propios alumnos, tratan de corregirlas y aclararlas.

Finalmente, se utiliza el sistema multimedia para la proyección de la solución al problema planteado, visualizándolo en primer lugar en VRML, y en perspectiva o en representación diédrica, en segundo lugar.

Se realiza en ese momento un análisis de resultados, detectando en qué parte del proceso de resolución se ha cometido algún error, y la causa del mismo. Los alumnos solicitan en ocasiones que se visualice el resultado desde algún otro punto de vista, o se aclare alguna duda que surge.

Conviene indicar que al contrario de lo que se pudiera pensar en un principio, los alumnos prefieren en ocasiones que el profesor realice el trazado de la perspectiva de la pieza en la pizarra, a pesar de disponer de la solución en formato virtual y plano. De esta manera, los alumnos requieren que el profesor realice ejemplos de trazado en perspectiva que sirvan para tratar los procedimientos y estrategias que éste sigue.

Aunque en general es el profesor quien utiliza el sistema multimedia, los alumnos tienen opción en cualquier momento de la clase a utilizarlo e interactuar con él si lo consideran necesario, cosa que hacen en ocasiones.

Como puede deducirse de lo comentado en los párrafos anteriores, se recurre al sistema multimedia como un complemento, un recurso más de entre los disponibles en el aula, integrándolo en una metodología de resolución de problemas en la que el profesor, los alumnos, y el propio sistema interactúan, pero en la que los papeles principales siguen siendo la dirección, guía y orientación del profesor, y la participación del alumno, como corresponde en coherencia con el marco de enseñanza de orientación constructivista expuesto en el apartado 5.2.

#### 5.3.4.1. Utilización del sistema por parte del alumno en su domicilio.

En cuanto a la utilización del ordenador por parte del alumno en su domicilio, la tesis doctoral “Eficacia de un Sistema EAO hipermedia en la enseñanza del Dibujo Técnico Industrial” (De los Frailes, 1998), contrastó los resultados académicos obtenidos en tres grupos de alumnos que siguieron distintas metodologías: un grupo de *control*, que no utilizó el sistema EAO, un grupo *multimedia*, que estudió utilizando únicamente el programa sin asistir a las clases convencionales, y el grupo *complementario*, que utilizaba el programa como apoyo a las clases convencionales del profesor.

Como resultado de este trabajo de investigación se concluye entre otras cosas que:

*Se ha observado que en la mayoría de los casos existen diferencias significativas en el rendimiento académico a favor del grupo Complementario, y que las diferencias son poco significativas o no existen entre los resultados obtenidos por los alumnos integrantes de los grupos Multimedia y de Control.*

*El hecho de que los alumnos integrantes de los grupos experimentales Multimedia obtengan rendimientos inferiores a los del grupo Complementario y similares a los del grupo Control, indica la conveniencia de que éste método de aprendizaje esté integrado*

*en un proceso global de aprendizaje y se utilice como complemento a las explicaciones del profesor en el aula. (De los Frailes, 1998).*

Estos resultados ratifican la idea de que los sistemas multimedia, planteados como una sustitución del profesor, no consiguen mejorar significativamente los resultados logrados por los alumnos. Probablemente esto sea debido a que se han desarrollado según una concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje de tipo instruccional-transmisivo, y no de una consideración del aprendizaje como un proceso de construcción de los conocimientos, en el que es el alumno quien aprende, y el profesor quien ejerce de guía y orientación en el aprendizaje, en una interacción continua entre ambos.

*El aprendizaje interactivo requiere al mismo tiempo ser integrado en un contexto de enseñanza convencional, caracterizado por la guía y la orientación continua que aporta normalmente el profesor en el aula, sin la cual el alumno perdería gran parte de su capacidad perceptiva (Reparaz, 1992).*

Por todo ello, hemos considerado el ordenador como una herramienta didáctica más de las disponibles, que debe estar integrada convenientemente en el proceso de enseñanza convencional de manera complementaria, tanto en el aula, como en la utilización que haga del mismo el alumno en su domicilio.

Para la utilización del sistema por parte del alumno en su domicilio, una versión del sistema en formato CD estuvo disponible para los alumnos que tuvieran ordenador, con el objeto de que pudieran utilizarlo en sus casas para la realización y comprensión de los problemas de la asignatura, como complemento informático de apoyo a los ejercicios realizados en clase, de manera que pudieran enfrentarse a más problemas y pudieran comprobar si la solución obtenida era correcta o no, posibilitando de esta manera el autoaprendizaje y la autorregulación.

El sistema no dirige o aconseja al alumno sobre el tipo de problemas que sería recomendable que realizara. Es decir, en este sentido, el papel del profesor como guía y orientador del aprendizaje, detectando las deficiencias del alumno y las acciones correctoras necesarias sigue siendo personal, como por otra parte, creemos que debe ser, ya que consideramos que una aplicación tutorial eficaz que sustituya al profesor no es

viable de momento, y caso de que lo fuera, creemos que difícilmente conseguiría superar la experiencia y los recursos disponibles del profesor.

#### 5.4. EL PROGRAMA DE ACTIVIDADES COMO MODELO DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA EN EL AULA EN LA VISUALIZACIÓN DE PIEZAS.

##### 5.4.1. Características generales del programa de actividades.

A la hora de diseñar el programa de actividades habrán de tenerse en cuenta las consideraciones que se han venido realizando en los capítulos y apartados anteriores. Así, y a modo de recapitulación, se citan a continuación.

El programa de actividades se enmarca en un *modelo de enseñanza basado en la resolución de problemas*, como ya se ha comentado en el apartado 5.1.

Hay un acuerdo generalizado en que la resolución de problemas ayuda a reforzar y clarificar los principios que se enseñan (Selvaratnman, 1983) y, más todavía, en que es a través de la resolución de problemas como mejor se aprenden (Larkin, 1981; Elshout, 1985) porque ello obliga a los estudiantes a poner constantemente sus conocimientos “en práctica” y favorece la motivación (Brich, 1986).

Algunos autores defienden que la adquisición del conocimiento declarativo es un proceso de construcción que hace uso implícito o explícito del conocimiento procedimental (Selvaratnman y Kumarasinghe, 1991), y al mismo tiempo las capacidades procedimentales conllevan conocimientos declarativo específico de la materia (Friedler et al., 1990). Esta simbiosis hace que la tarea instruccional deba ser tal que haga que los estudiantes participen en el proceso de construcción, pues así se incrementa la significatividad y retención del conocimiento declarativo, y al mismo tiempo, se inculca la trascendencia del conocimiento procedimental.

La resolución de problemas como actividad de aprendizaje es un contexto ideal para compaginar ambos aspectos. Así, mientras que la habilidad para resolver problemas puede indicarnos el grado de aprendizaje que ha tenido lugar, es fundamental reconocer

también que los estudiantes resolviendo problemas pueden aprender tanto conocimiento conceptual como procedimental.

Nos hemos planteado una estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas, como forma de integrar la teoría, y los problemas en un proceso único de construcción de conocimiento (Gil et al. 1999).

Uno de los modelos propuestos es el de la resolución de problemas como investigación orientada (Gil et al., 1988; Guisasola y Pérez de Eulate, 2000). La actividad que se propicia con el uso de este modelo en clase, se aleja del operativismo y fomenta formas de pensamiento cualitativas y divergentes. El cambio de estrategias de enseñanza produce en los alumnos un aumento de su capacidad para enfrentarse y resolver los problemas gracias a la superación de su operativismo inicial y a la utilización por su parte en la resolución de problemas de aspectos esenciales como la realización de planteamientos cualitativos, emisión de hipótesis, elaboración de posibles estrategias antes de proceder a la resolución, etc.

Una de las características del programa de actividades es que toma como *referencia el modelo de resolución de problemas de visualización* mostrado en el apartado 1.3, desarrollado a partir de la revisión bibliográfica y de aportaciones de expertos, para lo cual se proponen distintas actividades de cara a la asimilación de los contenidos conceptuales y procedimentales implicados.

De la comparación entre expertos y novatos, se deriva que la mayor eficiencia en la resolución de problemas por los expertos no se debería a una mayor capacidad cognitiva general sino a sus conocimientos específicos del dominio, por lo que el entrenamiento en resolución de problemas no debe apoyarse tanto en el desarrollo de capacidades generales como en proporcionar al alumno un conocimiento específico del área del saber, asumiendo que la pericia implica una utilización óptima de los recursos cognitivos disponibles en la propia área de la especialidad (Hegarty, 1991), y que las habilidades de resolución de problemas y, en general, la pericia, son un efecto de la práctica.

Por consiguiente, la resolución de problemas no sólo puede ser entrenada, sino que debe serlo mediante la práctica. Sin embargo, no todos los tipos de práctica son igualmente eficaces; lo que suele caracterizar a la experiencia de un buen experto no es tanto su cantidad, necesaria pero no suficiente, como el ser una práctica guiada por principios conceptuales que le dan sentido (Glaser, 1992). Es decir, este enfoque asume que la eficiencia en la resolución de problemas depende en gran medida de la disponibilidad y activación de conocimientos conceptuales adecuados.

En este sentido, la segunda característica del programa de actividades es que se plantean los mismos como una manera de *proponer al alumno una diversidad de situaciones que le obliguen a activar los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados* en la visualización de piezas, buscando la comprensión, profundización y el afianzamiento en los mismos.

Las diferencias entre expertos y novatos servirán además para saber en qué aspectos de esos conocimientos se debe incidir especialmente, orientando en esa dirección las actuaciones diseñadas en el programa de actividades, de manera que permitan que los novatos se hagan más expertos y mejoren su efectividad en la resolución de problemas.

Las conclusiones a las que llega el análisis de la resolución de problemas por parte de expertos y novatos en un ámbito específico, como en el de ciencias, o el de física, es que, por un lado, los expertos realizan un análisis cualitativo, una representación del dominio específico que requiere conocimientos en ese ámbito, anterior a cualquier trabajo. El novato, en cambio, inicia inmediatamente la acción operativamente (Larkin y Reif, 1979; Larkin, 1983). Estos estudios resaltan la importancia de un análisis cualitativo del problema que identifique las características principales del mismo (Finegold y Mass, 1985; Chi et al., 1982; Mc Millan y Swadener, 1991; Heller et al., 1992).

En lo que a las estrategias de resolución se refiere, los expertos planifican la solución y buscan alternativas con carácter previo a la resolución mientras que los novatos tienden a abordar el problema en base a primeras impresiones sin planificación alguna. (Larkin, 1981; Reif y Heller, 1982).

Coincidiendo con las conclusiones de esos estudios, como consecuencia de la comparación entre expertos (apartado 1.3) y novatos (apartado 4.2), se observa que los expertos realizan un análisis cualitativo en mayor profundidad que los novatos, centrandose su atención en todas las variables comentadas en el modelo de resolución propuesto en el apartado 1.3, valorando y planificando a continuación las estrategias de resolución, antes de proceder a la resolución y trazado del problema. Los estudiantes, en cambio, tienden a iniciar inmediatamente el trazado de la pieza, antes de realizar análisis cualitativo alguno, y sin valorar la conveniencia de utilización de las distintas estrategias de resolución.

Trasladando esta orientación a la resolución de problemas en visualización de piezas, como enfoque general, la tercera característica consistirá por tanto en *incidir y hacer un énfasis especial en el análisis cualitativo de los problemas de visualización, y en la valoración de las estrategias de resolución a seguir.*

Por último, la cuarta característica del programa de actividades es que *se utiliza un sistema multimedia* en el que las piezas objeto de estudio en las distintas actividades propuestas pueden ser visualizadas en VRML, permitiendo la interactividad en el análisis de resultados, con lo cual se pretende subsanar las posibles dificultades debidas a la diferencia entre “la realidad”, y “su representación”.

En resumen, el programa de actividades posee las siguientes características generales:

- 1.- El programa de actividades se enmarca en un *modelo de aprendizaje basado en la resolución de problemas, tomando como referencia el modelo de resolución de problemas de visualización* mostrado en el apartado 1.3, desarrollado a partir de la revisión bibliográfica y de las aportaciones de expertos.
- 2.- Se plantean las distintas actividades como una manera de *proponer al alumno una diversidad de situaciones que le obliguen a activar los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados* en la visualización de piezas, buscando la comprensión, profundización y el afianzamiento en los mismos.

3.- Las actividades están orientadas a *incidir y hacer un énfasis especial en el análisis cualitativo de los problemas de visualización, y en la valoración de las estrategias de resolución a seguir.*

4.- *Se utiliza un sistema multimedia basado en VRML, permitiendo la interactividad en el análisis de resultados, haciendo posible subsanar las posibles dificultades debidas a la diferencia entre “la realidad”, y “su representación”.*

#### **5.4.2. Diseño del programa de actividades en la visualización de piezas.**

A la hora de planificar la enseñanza de un determinado tema y determinar el itinerario de aprendizaje que va a seguir el programa de actividades, es necesario definir, por un lado, los objetivos que se persiguen y los contenidos que van a ser tratados, teniendo en cuenta las posibles dificultades que pueden presentar los alumnos en la asimilación de esos conocimientos. Pero además, es necesario definir la estrategia que se va a seguir para favorecer el aprendizaje con sentido, definiendo una estructura lógica en la secuenciación de las actividades diseñadas para el aprendizaje, y cómo se va a evaluar para impulsar y orientar dicho aprendizaje.

En primer lugar, se exponen en la siguiente tabla los objetivos generales planteados para la enseñanza de visualización de piezas, y las posibles dificultades que puede presentar el alumno en el proceso de aprendizaje.

Para cada objetivo se indica entre paréntesis el indicador de comprensión en la visualización de piezas ligado con el mismo que se pretende trabajar, según lo expuesto en el apartado 1.4.

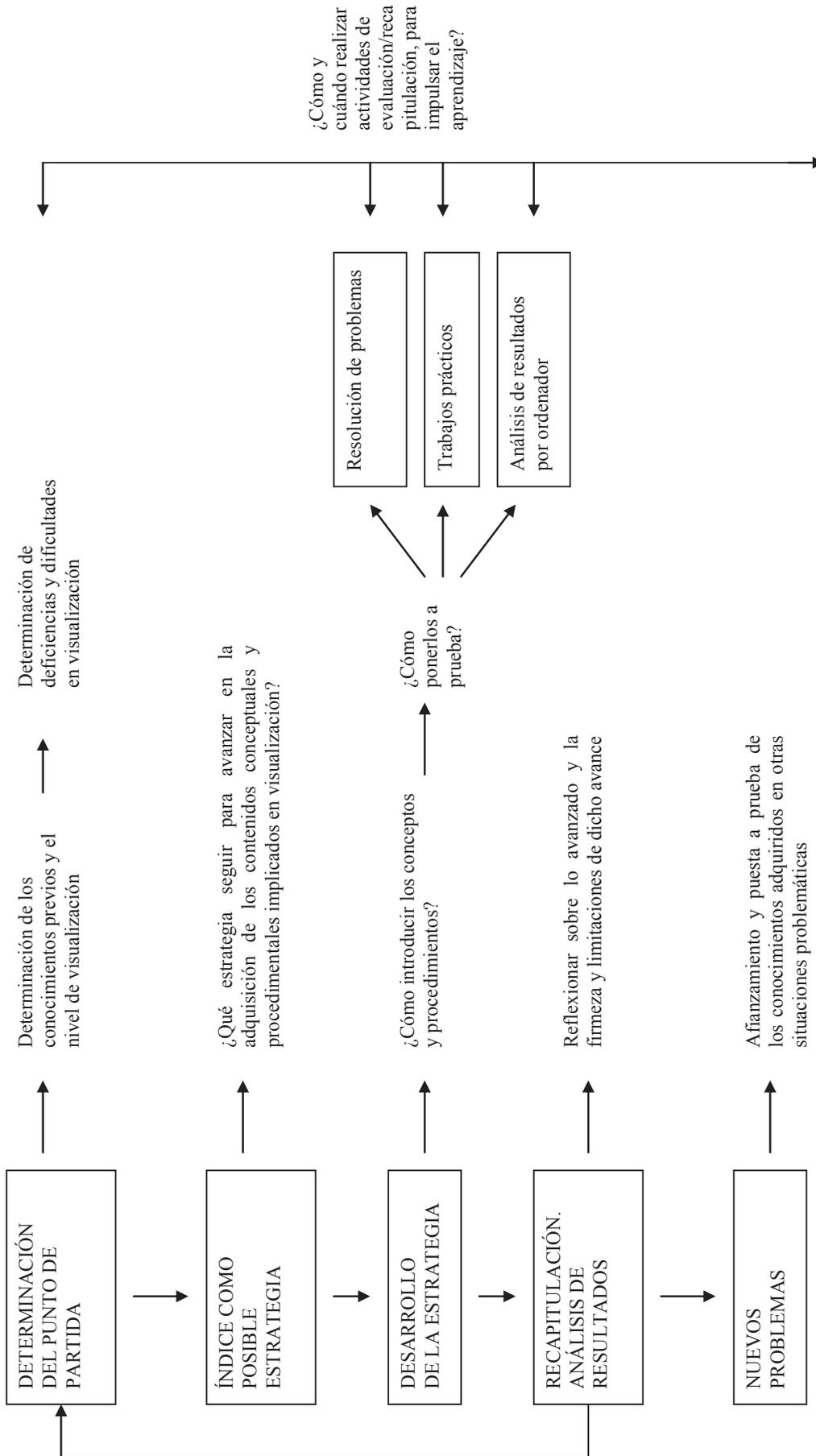
OBJETIVOS	DIFICULTADES
1.-Que el alumno aplique correctamente los fundamentos de los sistemas de representación diédrico y en perspectiva en la visualización de piezas (Indicador 1).	1.-Desconocimiento y deficiencias en la aplicación de los invariantes proyectivos en el estudio de las proyecciones de una pieza. Dificultades de relacionar la realidad espacial y su representación en el plano, tanto en perspectiva como en la representación mediante vistas múltiples. Deficiencias en la representación en vistas múltiples de una pieza a partir de la perspectiva.
2.-Que el alumno conozca y sepa identificar los distintos tipos de plano presentes en las piezas, y las características de sus proyecciones (Indicador 2).	2.-Desconocimiento de la clasificación de los tipos de plano y las características de sus proyecciones. Dificultades de identificación de los tipos de plano en el análisis de las vistas de una pieza.
3.-Que el alumno conozca y aplique correctamente los distintos métodos y estrategias de resolución de los problemas de visualización, y su limitación y conveniencia de uso según las características de la pieza (Indicador 3).	3.-Dificultades de valoración y utilización de distintos métodos y estrategias de resolución. Deficiente aplicación del método de Eckhart. Deficiencias en el método de análisis de superficies.
4.-Que el alumno conozca las condiciones o reglas de correspondencia entre proyecciones de una vista a otra, como consecuencia de los invariantes proyectivos (Indicador 4).	4.- Desconocimiento de la homografía de correspondencia entre proyecciones.
5.-Que el alumno adquiera conocimientos procedimentales en la resolución de problemas de visualización: Análisis cualitativo (Indicador 5), emisión de hipótesis (Indicador 6), estrategias de resolución (Indicador 7), y análisis de resultados (Indicador 8).	5.-Desconocimiento de modelos de resolución de problemas. Dificultades de análisis cualitativo de los enunciados. Errores en la emisión de hipótesis. Deficiencias en la planificación de estrategias de resolución adecuadas.

Definidos los objetivos de la enseñanza y las posibles dificultades del alumno en el aprendizaje de la visualización de piezas, el siguiente paso consiste en definir la estrategia de enseñanza que se va a seguir, lo cual se traduce en diseñar una estructura del curso o del tema que se va a tratar, que permita a los estudiantes, con el apoyo del profesor, enfrentarse a situaciones problemáticas, poniendo en juego los conocimientos implicados en la visualización de piezas. Para ello, la propuesta alternativa del programa de actividades se desarrolla según la siguiente *planificación de la estructura* del tema:

- 1.- Plantear al inicio del tema situaciones problemáticas que sirvan de *punto de partida* para el trabajo de los estudiantes. El objetivo en nuestro caso es determinar mediante el planteamiento de alguna situación problemática los conocimientos y dificultades previos que presentan los alumnos en la resolución de los problemas de visualización. Esto permite al profesor obtener información sobre el punto de partida del grupo al que se va a impartir docencia.
- 2.- Diseñar la secuenciación de las actividades según una *posible estrategia para avanzar en la asimilación de los conocimientos*. Esta *secuenciación* será programada de antemano a la determinación del punto de partida del grupo según los contenidos conceptuales o procedimentales en los cuales se quiere instruir al alumno, pero no para seguirlo de manera rígida, sino entendiéndola como una propuesta base flexible a partir de la cual la secuenciación y las actividades diseñadas podrán variar en función de las necesidades y deficiencias que se vayan detectando en el grupo de alumnos. Para ello, el profesor deberá seguir una metodología de investigación-acción para determinar el avance que se va produciendo.
- 3.- *Desarrollar la estrategia* de enseñanza, integrando con sentido los ejercicios, trabajos prácticos, y la resolución de problemas, junto a la introducción de conceptos y sus relaciones, dentro de la estructura del tema.

- 4.- *Realizar recapitulaciones* periódicas sobre lo avanzado en el aprendizaje, prestando especial atención a la regulación y orientación de los alumnos en el desarrollo del mismo.
- 5.- Proponer nuevos problemas como una forma de afianzar y poner a prueba los conocimientos adquiridos en otras situaciones problemáticas.

Esta propuesta de organización del tema aparece representada de forma esquemática en la página siguiente.



**Esquema I. Planificación de la estructura del tema.**

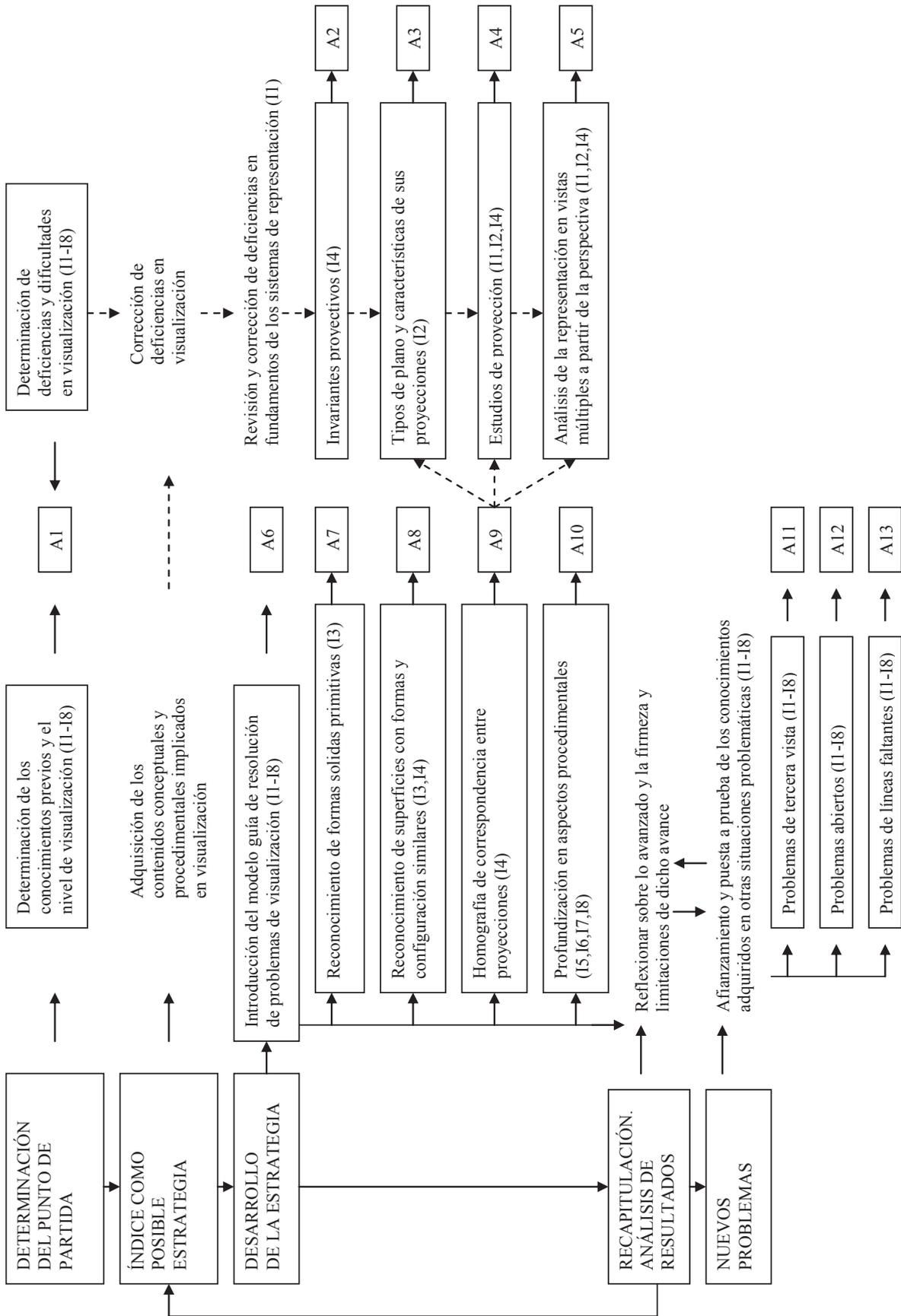
La organización del tema expuesto en el esquema anterior, ha de concretarse integrando en la misma los objetivos que se persiguen, los contenidos que se quieren introducir, y las distintas actividades diseñadas para el aprendizaje de la visualización.

Se ha elaborado una diversidad de actividades que plantean situaciones problemáticas de visualización a los alumnos de manera gradual, y centrándose en distintos objetivos en función de las deficiencias o dificultades encontradas, de los contenidos conceptuales a aplicar, o de los procedimientos en los cuales se quiere instruir al alumno.

La labor del diseñador del itinerario de aprendizaje, es decir, del profesor, consiste en graduar la dificultad de la tarea y organizar la ayuda en función de las dificultades del sujeto para enfrentarla, de acuerdo con la idea de andamiaje (scaffolding) introducida por Bruner (1979). El concepto de andamiaje implica que la ayuda debe mantener una relación inversa con el nivel de competencia que el estudiante muestra en la tarea. Así, cuanto más dificultad tenga para lograr el objetivo, más directivas deben ser las ayudas que se le suministren. A medida que el sujeto se vaya haciendo más capaz de avanzar por sí mismo, la ayuda se debe ir desvaneciendo. Por tanto, la elección de las actividades y el nivel de dificultad de los mismos debe hacerse de modo que representen un reto abordable para los alumnos, de tal forma que mediante la interacción y la ayuda de los otros, el alumno pueda participar en el proceso de construcción (Hodson y Hodson, 1998).

Por otro lado, el número de problemas a resolver en cada actividad dependerá del grado de las deficiencias o dificultades que vayan surgiendo y del nivel de asimilación del estudiante de los conocimientos implicados en la visualización de piezas.

La propuesta de secuenciación de la enseñanza de visualización aparece representada de forma gráfica en el esquema de la página siguiente, en el que se asigna un código a cada actividad (A1: Actividad 1), y para cada actividad propuesta se muestran entre paréntesis los indicadores de comprensión trabajados en el mismo. En las siguientes páginas se comenta el hilo conductor que lo estructura. El programa de actividades desarrollado se presenta posteriormente en el apartado 6.2.1, en el que se incluyen de forma explícita los propósitos didácticos de cada actividad y la metodología a seguir.



Esquema II. Propuesta de estructura de secuenciación del programa de actividades

El hilo conductor de las actividades propuestas sigue la siguiente lógica estructurante. En primer lugar se realiza una primera actividad que tiene como objetivo determinar el punto de partida del grupo de alumnos, es decir, determinar los conocimientos y dificultades previos que los alumnos poseen en la resolución de problemas de visualización (A1), mediante la resolución cooperativa en común por parte de los alumnos de uno de estos problemas en el aula, actuando el profesor de director y moderador del proceso.

El nivel de partida y las deficiencias que presenten los alumnos puede variar de un grupo a otro de alumnos, o incluso de un estudiante a otro. Esta primera actividad tiene como objetivo determinar esos conocimientos previos y deficiencias, como un instrumento para poder adaptar el programa de actividades general propuesto en principio al grupo concreto de alumnos, e incluso, proponer distintas variantes del programa tratando de individualizar el mismo a las necesidades del alumno, diseñando y seleccionando de entre las distintas actividades aquellas que serán realizadas por todo el grupo en el aula, y las que se propondrán a subgrupos de alumnos con necesidades específicas.

En el apartado 1.4. en el que se mostraban los indicadores de comprensión en visualización se mencionaba que el alumno debe conocer los fundamentos de los sistemas de representación diédrico y en perspectiva para poder resolver problemas de visualización. Al realizar la primera actividad para determinar el nivel de partida de los alumnos, en ocasiones se observan deficiencias en estos conocimientos previos, tanto en lo que a los *invariantes proyectivos* se refiere, como a la *clasificación de los tipos de plano* y las *características de sus proyecciones*.

Para el caso de que algunos alumnos presenten dichas deficiencias, o como refuerzo y repaso de esos conocimientos para todo el grupo de alumnos, se proponen varias actividades que enfrentan al alumno a varias situaciones problemáticas para cuestionar y comprobar la asimilación de esos fundamentos conceptuales (A2, y A3), y dos actividades más (A4 y A5), en las que esos fundamentos deben de ser aplicados y analizados en la representación de varias piezas industriales.

Los *estudios de proyección* de la representación de varios objetos en vistas diédricas y en perspectiva para relacionar los dos sistemas de representación y estudiar en casos prácticos los fundamentos de los mismos como actividad previa (A4) a la resolución propiamente dicha de los problemas de visualización, entendida como la lectura e interpretación de la representación diédrica de un objeto para hacerse una imagen mental tridimensional del mismo, mejoran la habilidad para visualizar.

En el mismo sentido se propone la actividad A5, que consiste en trazar las *vistas múltiples de un objeto a partir de su representación* en perspectiva, aunque en esta actividad las vistas han de ser obtenidas por el alumno y no se ofrecen en el enunciado para su estudio como en la actividad A4.

Algunos alumnos no presentan deficiencias a la hora de pasar de la representación en perspectiva de un objeto a la representación normalizada en vistas múltiples, por lo que en ese caso, no es necesario incidir demasiado en esta actividad. Sin embargo, los alumnos que parten de un nivel inicial nulo en conocimientos de dibujo técnico por no haber cursado esta asignatura con anterioridad a su entrada en la universidad, necesitan realizar un número mayor de ejercicios de este tipo.

En el caso de que el grupo de alumnos no presentara deficiencias en la actividad inicial, podría prescindirse de la realización de las actividades A2 a A5 comentadas anteriormente, o podría proponerse alguno de ellos como ejercicio complementario o de revisión de los fundamentos en la representación de piezas.

A continuación, se aborda la resolución de los problemas de visualización. La secuenciación propuesta consiste en presentar en primer lugar el *modelo de resolución* de problemas expuesto en el apartado 1.3. aplicándolo a uno o dos problemas a modo de *ejemplo práctico* (A.6).

Teniendo en cuenta que es posible resolver un problema de visualización recurriendo a distintos métodos en función de las características de la pieza, se pueden proponer las siguientes actividades diseñadas específicamente para tratar alguna de ellas. Se han diseñado tres actividades (A7, A8 y A9), con el objetivo de instruir al alumno en esos

métodos de resolución. La siguiente actividad (A10), se centra más en los aspectos procedimentales implicados en la visualización de piezas.

Para el método de *análisis de sólidos* se propone una actividad que consiste en *analizar* varias formas geométricas primitivas y las *proyecciones* a las que dichos objetos dan lugar, con el objetivo de *reconocer* dichas formas cuando se presenten en el enunciado de un problema de visualización (A7).

Para el método de *análisis de superficies* se propone una actividad que consiste en el *reconocimiento de formas y configuraciones similares* de las proyecciones de un plano. El reconocimiento de las formas y configuraciones similares entre vistas ayuda a encontrar superficies perpendiculares u oblicuas a los planos de proyección (A8).

En ese mismo método es necesario que el alumno conozca la *homografía entre proyecciones* de un plano entre las diferentes vistas, es decir, que sepa corresponder las proyecciones de un plano en las vistas del enunciado (A9).

Para instruir al alumno en los *aspectos procedimentales* en la resolución de los problemas de visualización según el modelo guía presentado en la actividad A6, se propone a continuación aplicar dicho modelo a una amplia variedad de objetos (A10).

Se tratan las distintas fases en el proceso de resolución de los problemas de visualización: análisis cualitativo inicial, emisión de hipótesis, estrategias de resolución, y análisis de resultados, haciendo especial énfasis en el análisis cualitativo inicial del enunciado y en el análisis final de los errores cometidos durante el proceso de resolución, tratando de encontrar las causas de los mismos como consecuencia de alguna deficiencia.

No todas las actividades propuestas tienen por qué ser realizadas en clase. En función del avance de los alumnos, algunas de ellas, especialmente aquellas que el alumno puede realizar sin necesitar en principio ayuda de profesor, pueden ser propuestas como trabajos prácticos que el alumno realice individualmente en su domicilio. Llegado el caso, en el aula, se puede plantear alguno de ellos a modo de ejemplo, y realizar cada

cierto tiempo puestas en común o comentarios sobre los resultados obtenidos, como una manera de comprobar el avance que se va produciendo en el aprendizaje.

En función de las deficiencias o dificultades que se van detectando se proponen actividades de refuerzo de entre las comentadas anteriormente, tanto al grupo entero como a aquellos alumnos que necesiten la realización de problemas auxiliares individualmente.

Por último, como una manera de aplicar todos los conocimientos conceptuales y procedimentales tratados hasta ahora a diferentes problemas y situaciones prácticas, se proponen tres actividades de un nivel de dificultad mayor a las anteriores y que requieren que el alumno haya sintetizado y asimilado correctamente todos los conocimientos implicados en la visualización de piezas: Problemas de tercera vista (A11), que sirven además para detectar deficiencias de los alumnos en el análisis de la información de alguna de las vistas, problemas abiertos (A12), que obligan al alumno a la emisión de hipótesis de posibles tipos de plano solución del enunciado y a la aplicación correcta de las áreas adyacentes, y problemas de líneas faltantes (A13), en el que se hace uso de una combinación holística de habilidades de visualización y análisis sistemático del enunciado de un objeto en vistas múltiples y de la perspectiva o representación mental de la pieza.

## Capítulo 6.

### **OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES CORRESPONDIENTES.**

De acuerdo con la segunda hipótesis que hemos enunciado en el capítulo 5, es posible diseñar y desarrollar una enseñanza coherente con los resultados de la investigación didáctica, basado en un modelo de orientación constructivista, que proporcione una mejora significativa respecto a la enseñanza habitual en el aprendizaje de los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización de piezas, y que consiga mejorar asimismo el interés y las actitudes de los estudiantes respecto a la docencia de la asignatura.

A continuación se va a exponer el diseño elaborado para contrastar esta segunda hipótesis. Se empieza por operativizar la hipótesis ofreciendo una visión global del diseño y formulando sus consecuencias contrastables. A continuación se presentan en detalle cada uno de los diseños particulares que se han elaborado para contrastarlas.

#### 6.1. OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS Y VISIÓN GENERAL DEL DISEÑO.

La operativización de una hipótesis lleva a la aparición de una variedad de consecuencias contrastables que hacen que la validación se realice desde múltiples vertientes, lo que implica un diseño experimental variado. En este sentido, existen en la investigación educativa dos tendencias polarizadas (Cook y Reichardt, 1986), la experimental, que utiliza fundamentalmente métodos cuantitativos, y la etnográfica o interpretativa, que se caracteriza por emplear sobre todo métodos cualitativos.

En los dos extremos se impone una tercera vía que combina técnicas y métodos de ambos tipos de investigación en la idea de que los puntos débiles de una son los fuertes de la otra y se complementan (Carr, 1989). El presente trabajo de investigación participa además de las metodologías cuantitativas, de las metodologías cualitativas, en un intento de explicar mejor qué es lo que ocurre en el aula, y qué es lo que opinan los profesores y estudiantes. Así, hemos procedido tanto a la obtención de resultados

cuantitativos a través de pruebas escritas y encuestas, como a la realización de entrevistas personales a alumnos y profesores, o a la grabación de sesiones de discusión de los profesores.

Como el objetivo de la aplicación de la propuesta alternativa es que se produzcan cambios notables, no necesitamos tanto las exigencias y técnicas estadísticas utilizadas por la sociología con grandes muestras en las que conseguir pequeñas diferencias, aunque significativas, sino múltiples enfoques que confluyan en colectivos de tamaño medio, en los que se pretende conseguir cambios sustanciales (Viento, 1989; Wilson, 1977).

En este sentido, y como ya se mencionó al presentar el diseño experimental de la primera hipótesis es preciso advertir contra el error, en el que en ocasiones se ha incurrido, de confundir la investigación didáctica con trabajos de tipo sociológico. En la investigación educativa no es lo más relevante, en general, el tamaño de la muestra, y en este sentido se ha tenido en cuenta que según Larkin y Rainard (1984), de la Carnegie-Mellon University (EEUU), uno de los centros más importantes del mundo en psicología del procesado de la información, encuestar a 500 en vez de a 10 individuos de una población de 5000, para contrastar si presentan o no determinada característica, sólo disminuye en un factor de 1.1 la desviación típica. Así pues, en la mayoría de las investigaciones educativas se valora la riqueza del diseño en la medida que es capaz de explorar una diversidad de facetas e implicaciones de las hipótesis. Nuestra intención no es, pues, utilizar grandes muestras, sino buscar grandes diferencias (en sentido estadístico) entre las muestras utilizadas, de acuerdo con la hipótesis a contrastar, y a ser posible de muy diferentes maneras experimentalmente (Hayman, 1981).

Las consecuencias contrastables para la segunda hipótesis se han explicitado en tres formulaciones, relacionada la primera con la enseñanza de la propuesta alternativa, la segunda con el aprendizaje logrado con la misma, y la tercera con la valoración que hace el profesorado sobre dicha propuesta.

C1: Desde el modelo de enseñanza como resolución de problemas es posible planificar y elaborar un programa de actividades que ofrezca oportunidades adecuadas en el aula

para aprender los contenidos de visualización de piezas, aunando la transferencia conceptual, puesta en práctica y situaciones para pensar y hacer.

C2: La experimentación de la propuesta alternativa producirá mejores resultados en los alumnos que los modelos utilizados habitualmente, tanto en los resultados relativos al aprendizaje logrado en la visualización de piezas como al interés mostrado por los alumnos hacia el aprendizaje de esta materia.

C3: Los profesores que hayan reflexionado y/o debatido sobre la propuesta alternativa, y los profesores que, debidamente tutorizados, la hayan implementado en el aula, valorarán positivamente los contenidos, la metodología y los materiales didácticos desarrollados.

Una vez expresadas las tres consecuencias en que ha quedado desglosada la segunda hipótesis de este trabajo, vamos a exponer a continuación los diseños particulares que se han elaborado para contrastarlas.

## 6.2. DISEÑOS EXPERIMENTALES CENTRADOS EN LA ENSEÑANZA IMPARTIDA CON LA PROPUESTA ALTERNATIVA.

La primera consecuencia contrastable de la segunda hipótesis (C1) afirma que desde el modelo de enseñanza como resolución de problemas es posible planificar y elaborar un programa de actividades que ofrezca oportunidades adecuadas en el aula para aprender los contenidos de visualización de piezas, aunando la transferencia conceptual, puesta en práctica y situaciones para pensar y hacer.

Una condición previa para cumplir en la pretensión de validar la aplicación a la enseñanza de la visualización del modelo de enseñanza/aprendizaje como resolución de problemas es disponer de los materiales necesarios para su aplicación en el aula. Así pues, el primer diseño que expondremos se referirá a esta posibilidad expresada en la consecuencia C1.

### 6.2.1. Presentación del programa de actividades en visualización de piezas.

Para mostrar que es posible realizar una organización y secuenciación de actividades adecuada para el aprendizaje de los contenidos implicados en la visualización de piezas a través del modelo de enseñanza/aprendizaje como resolución de problemas, se ha planificado y elaborado un programa de actividades para el desarrollo de la visualización.

Antes de continuar, es conveniente señalar que la elaboración de desarrollos curriculares efectivos es considerada como una actividad esencialmente investigadora (Lijnse, 1995; Scott y Driver, 1998; Méheut y Psillo, 2000). El resultado de la investigación-acción desarrollada es, por una parte, una secuencia de actividades (especificada a nivel de microcurrículo, tal como recomienda Millar, 1989) adaptadas a las necesidades de aprendizaje de los alumnos y, por otra, una documentación sobre las formas en que los alumnos pueden responder a dichas actividades. De esta manera se consigue que los profesores, futuros usuarios de estos materiales, puedan anticipar cómo reaccionarán los alumnos.

El programa de actividades que vamos a presentar tiene su origen en la necesidad de elaborar materiales para la enseñanza en visualización de piezas. Desde el año 1998, en que comenzamos a diseñar los materiales y experimentarlos posteriormente en el aula, estos se han presentado y discutido en distintas situaciones que se presentan a continuación siguiendo un orden cronológico.

CURSO	ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES	PRESENTACIÓN-DISCUSIÓN DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES
98-99	<p>Primer diseño del programa de actividades.</p> <p>Concesión de una ayuda por la EUITI de San Sebastián, en el marco del Plan de Calidad, para el desarrollo del proyecto de innovación docente "Integración de un sistema multimedia para la mejora de la enseñanza en el área de la expresión gráfica".</p>	<p>“Animaciones y desarrollos informáticos aplicados a la mejora del proceso de aprendizaje-enseñanza.”</p> <p><i>VI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas.</i> Las Palmas de GC, 1998. Actas p. 293 - 300.</p> <p>“Experiencias de EAO en el aula.”</p> <p><i>XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.</i> Logroño-Pamplona, 1999. Actas p. 920 - 929.</p>

99-00	<p>Primeros ensayos del sistema multimedia en el aula por un profesor colaborador en la asignatura de Expresión Gráfica.</p>	<p>“Integración de un sistema multimedia en la EAO de Expresión Gráfica”. <i>VII Congreso Universitario de innovación educativa en las enseñanzas técnicas</i>. Huelva, 1999. Actas p. 1919 - 1926.</p>
00-01	<p>Primeros ensayos del programa de actividades en la asignatura de Expresión Gráfica por el profesor investigador.</p> <p>Revisión a partir de la retroalimentación obtenida en el aula.</p>	<p>“Influencia de la integración de un sistema multimedia en la mejora de la docencia en Expresión Gráfica.” <i>XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica</i>. Badajoz, 2001. Actas p. 217.</p> <p>“Experiencia de integración de un sistema multimedia en la docencia de Expresión Gráfica.” <i>IX Congreso Universitario de innovación educativa en las enseñanzas técnicas</i>. Vigo, 2001. Actas p. 254 - 260.</p>
01-02	<p>Se continúa en la reelaboración del programa de actividades y su experimentación en clase por el autor en la asignatura de Expresión Gráfica.</p>	<p>“Experimentación en el aula del análisis procedimental de la visualización de piezas en la docencia de Expresión Gráfica”. <i>X Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas</i>. Valencia, 2002. Actas p. 124.</p>
02-03	<p>Se continúa en la reelaboración del programa de actividades y su experimentación en clase por el autor en la asignatura de Expresión Gráfica.</p> <p>Se tutoriza a otros dos profesores que ensayan en el aula el programa de actividades.</p>	<p>“Propuesta alternativa de enseñanza de la visualización de piezas en la docencia de Expresión Gráfica”. <i>Revista Kalithez de la EUITI de San Sebastián</i>, 2002. Diciembre 2002. p. 33 - 40.</p>

El programa de actividades se ha desarrollado siguiendo un proceso de continua reelaboración en función de los resultados obtenidos en los distintos grupos y tras una reflexión de todos los aspectos concernientes a la misma, desde el diseño de cada una de las actividades, la planificación y estructura seguida en la elección de las mismas, los indicadores de comprensión trabajados, o la metodología didáctica seguida, siguiendo el

método autobiográfico, realizando un seguimiento de la experimentación mediante un diario de clase.

El programa de actividades se experimentó por primera vez durante el curso 2000-2001. A la vista de los resultados obtenidos se realizaron los ajustes oportunos y se experimentó durante el curso 2001-2002 y, de nuevo, tras nuevos ajustes, durante el curso 2002-2003. El tiempo de clase dedicado al planteamiento de las distintas actividades, a las puestas en común, y al análisis de resultados, se ha ido espaciando a lo largo del curso para que el alumno pudiera completar o realizar las actividades propuestas en su domicilio, contando con el tiempo suficiente para el aprendizaje gradual, estimándose un tiempo de dedicación en el aula a la visualización de piezas aproximadamente de 6 a 10 horas en total, dependiendo de las necesidades del grupo al que se impartía docencia.

Se han tutorizado todas las actividades propuestas, especialmente aquellas que se proponían como actividades complementarias para aquellos alumnos que presentaban mayores deficiencias y dificultades de visualización en comparación con el resto de alumnos del grupo.

A continuación se expone el programa de actividades incluyendo de forma explícita los propósitos didácticos de cada actividad, la metodología a seguir y los comentarios que establecen las posibles dificultades de los alumnos en su realización.

### A1. DETERMINACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS Y DIFICULTADES PREVIAS DE LOS ALUMNOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN.

Se presenta a los alumnos un problema de visualización de una pieza representada por tres vistas (alzado, planta y perfil). Se va a realizar el proceso completo de resolución del problema en el aula hasta obtener la perspectiva isométrica de la pieza.

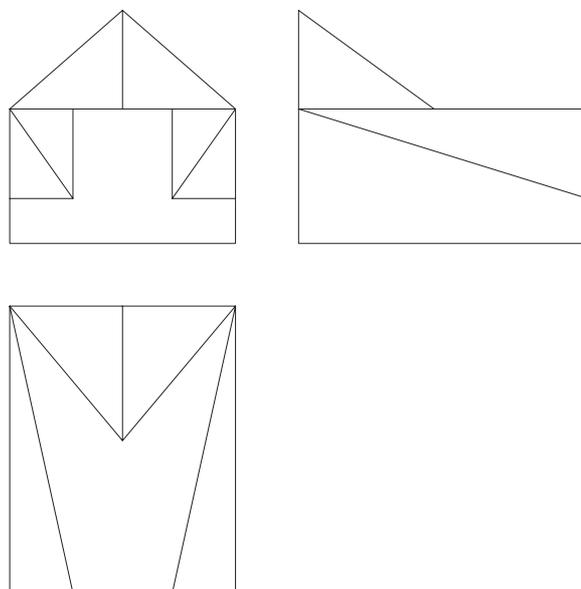


Figura 1.- Ejemplo de un problema de visualización de una pieza representada por tres vistas.

#### **Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

Esta actividad tiene como objetivos determinar cuáles son los razonamientos, métodos y estrategias que siguen los alumnos a la hora de resolver un problema de visualización. Se trata de que los alumnos comenten todos los razonamientos, deducciones, dudas y dificultades que van surgiendo durante el proceso de resolución.

El enunciado puede ser sustituido por otra pieza de mayor nivel de dificultad dependiendo del nivel de partida de los alumnos en el grupo en el que se imparta docencia. La pieza propuesta posee como características que puede ser disgregada en dos partes, y está compuesta por todos los tipos de plano posibles (paralelos, perpendiculares y oblicuos a los planos de proyección).

Dada la heterogeneidad del grupo, en el que se encuentran alumnos que han cursado la asignatura de dibujo técnico en enseñanzas medias, y otros, que parten de un nivel inicial cero, podemos encontrarnos con alumnos que siguen una determinada manera de resolver el problema, adquirida con anterioridad a su entrada en la universidad, frente a otros que no saben por dónde empezar la resolución, qué método deben seguir, o qué variables deben tener en cuenta.

El problema se irá resolviendo en base a las aportaciones de los alumnos, actuando el profesor de moderador y director del proceso de resolución. El objetivo final de la actividad es extraer un diagnóstico del nivel (o distintos niveles) de partida de los alumnos en la resolución de este tipo de problemas, así como determinar en qué fases del proceso se presentan dificultades o deficiencias. Los resultados de esta actividad condicionarán la elección de las siguientes

actividades a realizar y la profundidad en la que serán abordados, así como la proposición de actividades de refuerzo en aquellos aspectos en los que se detectan mayores dificultades.

El profesor deberá analizar el proceso seguido, determinando en qué aspectos del modelo de resolución propuesto en el capítulo 1 hay que incidir más, tratando de detectar tanto errores conceptuales como procedimentales.

Algunas deficiencias pueden ser debidas a conceptos tratados anteriormente que no hayan sido bien asimilados por el alumno, o al desconocimiento por parte del alumno de qué conceptos se necesitan utilizar en la visualización de piezas y cómo se aplican en la resolución del problema.

La realización de esta actividad inicial es importante, ya que puede haber variaciones importantes de un grupo a otro de alumnos, o incluso de un alumno a otro, y en función de esas diferencias el profesor deberá amoldar el programa de actividades propuesto en esta apartado al grupo de alumnos al que está impartiendo clase, con una propuesta de actividades comunes dirigido a todo el grupo, y por otro lado, podrá diseñar y tratar de individualizar medidas correctoras para algunos alumnos en particular.

A2. INVARIANTES PROYECTIVOS.

Se presenta un plano en perspectiva situado oblicuamente al plano de proyección y la proyección a que da lugar en una dirección de proyección cilíndrica. Se cuestiona a los alumnos acerca de los parámetros que se mantienen invariantes de entre los siguientes: propiedades métricas (distancias, ángulos), paralelismo, perpendicularidad, proporcionalidad, etc.

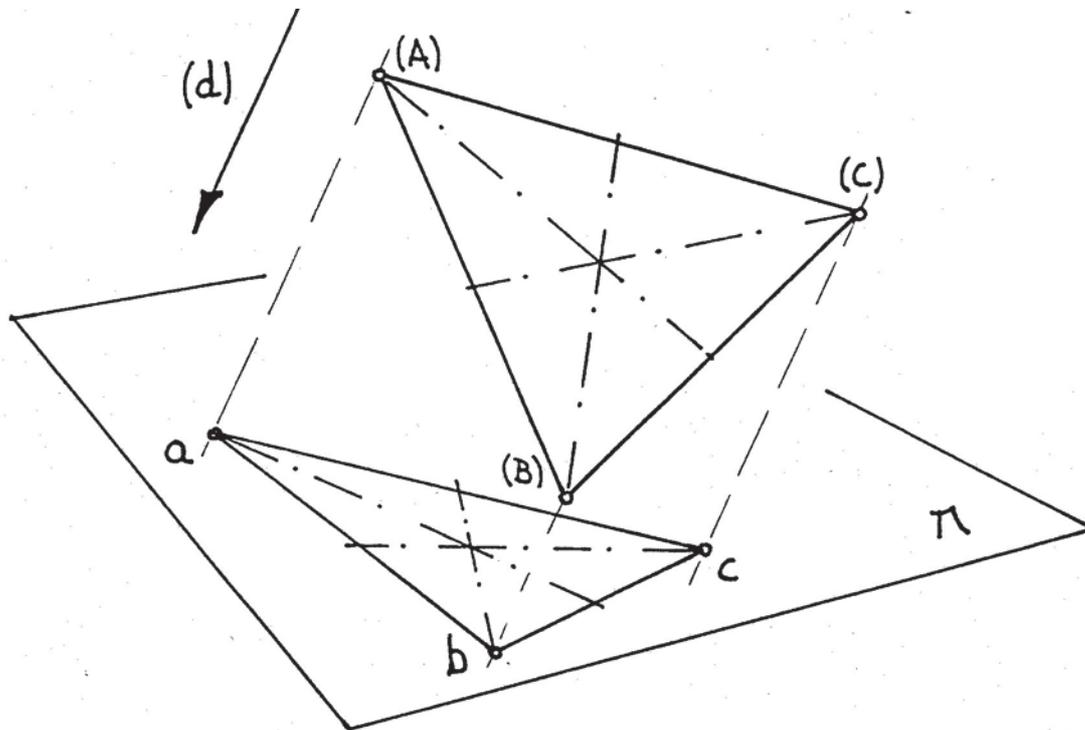


Figura 2.- Problema para el cuestionamiento de los invariantes proyectivos.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El objetivo de esta actividad es que el alumno conozca los invariantes proyectivos al estudiar la proyección de un plano.

Esta actividad debería plantearse en principio al tratar el concepto de proyección en alguna de las unidades didácticas previas anteriores al inicio de la visualización de piezas, pero en el caso de detectarse deficiencias en este concepto o en el conocimiento de los invariantes proyectivos, esta actividad se propone como una revisión y afianzamiento de los mismos.

### A3. TIPOS DE PLANO Y CARACTERÍSTICAS DE SUS PROYECCIONES.

Dada la proyección alzado de una superficie, nombra y dibuja en perspectiva los distintos tipos de plano y orientaciones de los mismos en el espacio que pueden dar lugar a esa proyección. Comenta a continuación las características de las proyecciones de cada tipo de plano.

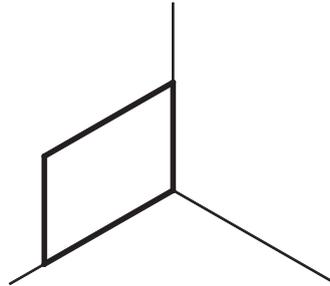


Figura 3.- Enunciado para tratar los tipos de plano y las características de sus proyecciones.

#### **Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El objetivo de esta actividad es determinar si el alumno conoce la clasificación de los distintos tipos de plano en función de su relación con los planos de proyección, y si es capaz de plantear las posibles orientaciones que éstos pueden tener en el espacio dependiendo del ángulo que dichos planos formen con los planos de proyección.

Entre las soluciones deben estar los planos paralelos a los de proyección, los perpendiculares a alguno de ellos, y los oblicuos, pudiendo ser las superficies planas o circulares.

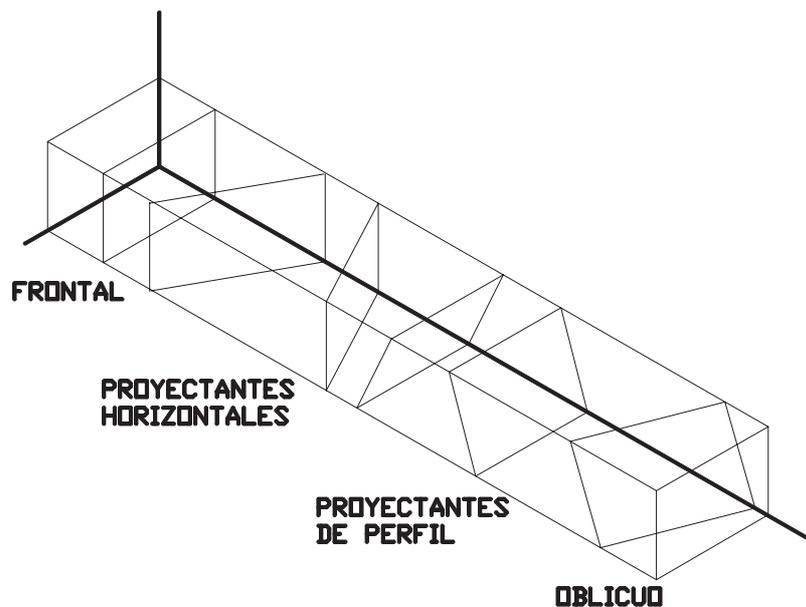


Figura 4.- Soluciones de superficies planas que dan lugar a la proyección del enunciado.

Una vez dibujados los distintos tipos de plano es conveniente comentar las características que poseen las proyecciones que los distintos planos dan lugar, características que facilitan su

identificación y discriminación entre las distintas posibilidades que se presentan en los enunciados de los problemas de visualización (proyecciones constituidas por una única línea en una vista, vertical, horizontal, o inclinada, proyecciones constituidas por superficies en una o varias vistas, verdaderas magnitudes de áreas y de líneas, invariantes proyectivos de paralelismo y proporcionalidad, similitud de forma y configuración de las proyecciones de un mismo plano, etc.).

Así, por ejemplo, podríamos comentar las siguientes características para cada tipo de plano:

Características de las proyecciones de un plano *paralelo* a un plano de proyección (Frontal, horizontal, de perfil, etc.): El plano Frontal aparece con su forma y tamaño reales en la vista en la cual es paralelo al plano de proyección (vista frontal). En la vista superior, el plano frontal aparece como una arista horizontal, mientras en la vista de perfil lo hace como una arista vertical.

Características de las proyecciones de un plano *perpendicular* a un plano de proyección: El plano no puede verse con su forma y tamaño reales en ninguna de las vistas principales. El plano inclinado aparece como una arista en la vista donde es perpendicular al plano de proyección, y como una superficie escorzada en la vistas adyacentes.

Características de las proyecciones de un plano *oblicuo* a un plano de proyección: El plano oblicuo no es paralelo a ningún plano de proyección, por lo que no aparece en forma y tamaño reales, ni como arista, en ninguna de las vistas principales, sino que aparece siempre como un plano escorzado en todas las vistas principales.

#### A4. ESTUDIOS DE PROYECCIÓN.

Estudia la orientación de cada objeto representado en la siguiente figura, la selección de vistas realizada para su representación, la proyección de las características visibles y ocultas, las características tangentes, los agujeros y las superficies redondas, y las superficies paralelas, perpendiculares y oblicuas a los planos de proyección.

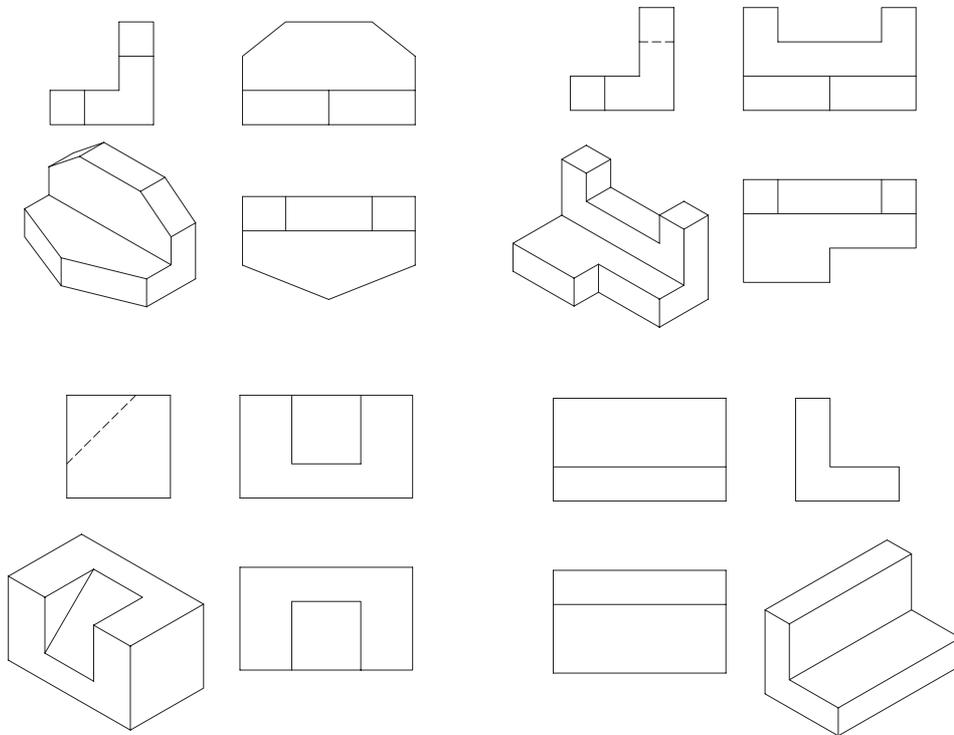


Figura 5.- Ejemplo de varios objetos para el estudio de proyecciones.

#### **Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El estudio de dibujos completos de vistas múltiples de diversos objetos, representados en perspectiva y en vistas diédricas, mejora la habilidad para visualizar, mediante el estudio de las relaciones y diferencias entre los dos tipos de representación.

Estando ambas representaciones dibujadas en el plano, algunos alumnos presentan dificultades de relacionar el objeto tridimensional con su representación, por lo que en esta actividad se puede recurrir a la realidad virtual, interactuando con las piezas objeto de estudio mediante la herramienta VRML.

### A5. REPRESENTACIÓN DE UNA PIEZA EN EL PLANO: PROYECCIÓN, TIPOS DE PLANO, Y REPRESENTACIÓN DIÉDRICA Y EN PERSPECTIVA.

Dada la representación en perspectiva de una pieza, determinar los tipos de plano presentes en la misma (paralelos, perpendiculares, u oblicuos a los planos de proyección), y dibujar las proyecciones correspondientes a las vistas alzado, planta, y perfil.

Analiza en qué vistas y para qué tipo de planos las proyecciones constituyen las verdaderas dimensiones de los planos, y en cuáles aparecen más pequeñas que el tamaño real. Analiza también qué proyecciones de las aristas aparecen en las vistas en tamaño real.

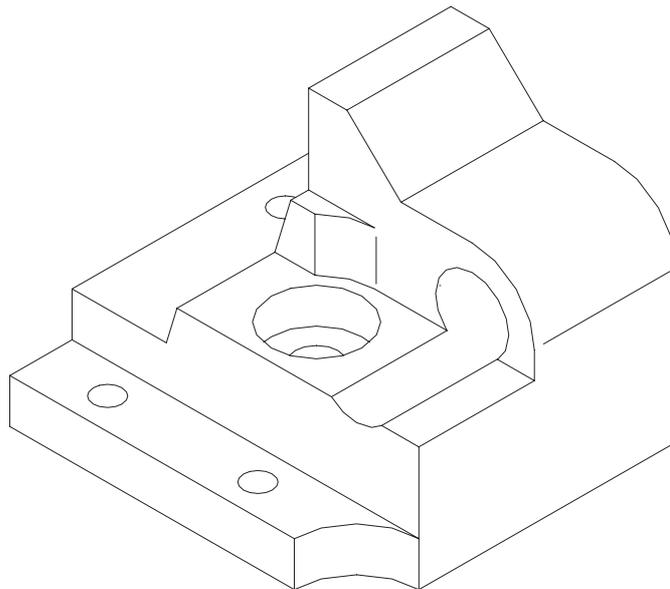


Figura 6.- Ejemplo de enunciado en perspectiva para la representación diédrica de una pieza.

#### **Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

En ocasiones, algunos alumnos presentan dificultades incluso en la comprensión de una perspectiva, no siendo capaces de identificar si un plano representado en perspectiva es o no paralelo, perpendicular u oblicuo a los planos de proyección.

Así, hay alumnos que consideran oblicuos planos que en realidad son proyectantes a algún plano de proyección. En este caso en concreto, por ejemplo, basta con encontrar una línea perteneciente al plano que sea perpendicular a un plano de proyección.

Algunos alumnos presentan también dificultades de comprensión de una pieza en perspectiva por tratarse de una representación en el plano, habiendo perdido su naturaleza tridimensional. En estos casos resulta conveniente la utilización del ordenador, interaccionando virtualmente con la pieza en VRML, y comparando “la realidad” con su “representación” en el plano.

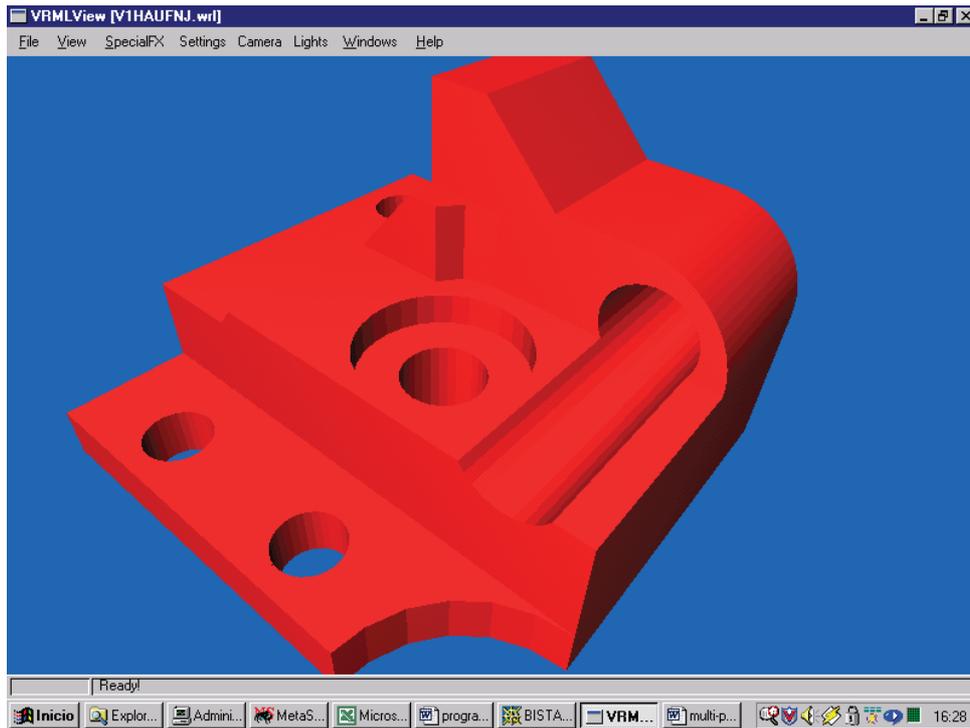


Figura 7.- Posibilidad de interacción virtual con el objeto del enunciado mediante VRML.

Es posible acceder también a puntos de vista guardadas correspondientes a vistas normalizadas (alzado, planta, perfil, etc.), que permiten al alumno interactuar con la pieza y comprender cómo se proyecta ésta en el plano.

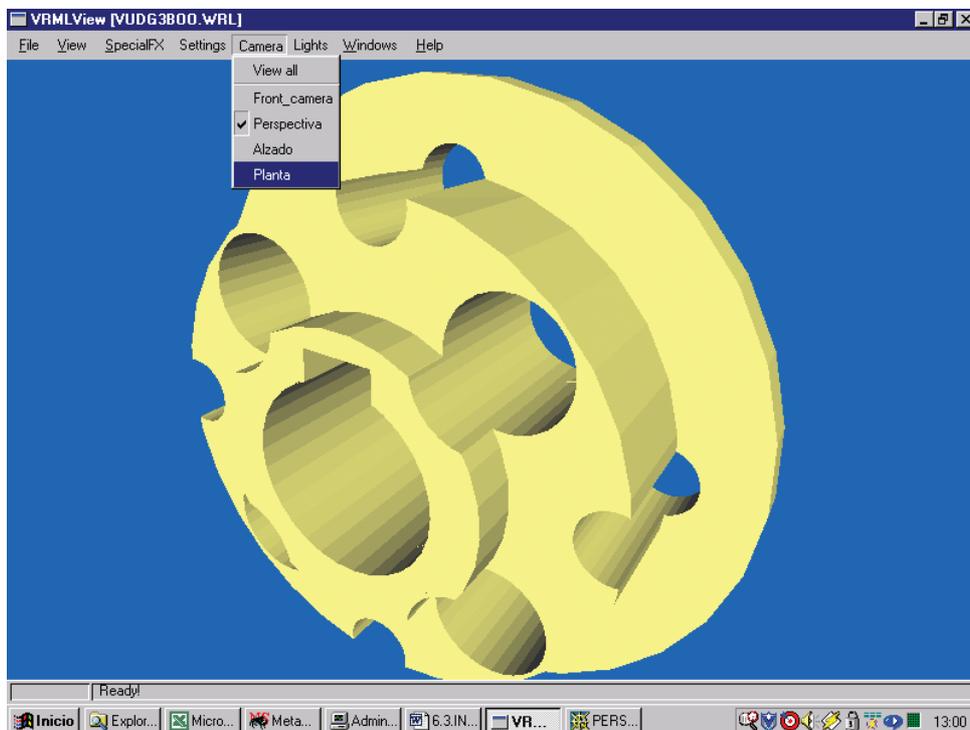


Fig. 8 – Visualización de una pieza en VRML con las opciones de vistas predefinidas.

Esta actividad no corresponde propiamente a la parte de visualización de piezas tratado en este trabajo de investigación, sino a la representación de piezas, siguiendo la secuencia habitual de enseñanza representando en primer lugar las piezas en el plano a partir de la realidad espacial o de su representación en perspectiva, para realizar después el camino inverso, la interpretación de las vistas de una pieza para comprenderla y visualizarla mentalmente. Sin embargo, las deficiencias presentadas por algunos alumnos en el paso de 3D a 2D, obligan a proponer en ocasiones este tipo de actividades como refuerzo o revisión de los contenidos implicados en la visualización de piezas.

Otra técnica de apoyo a la visualización mediante el ordenador consiste en ofrecer al alumno las piezas en 3D (con VRML) con las caras coloreadas, de manera que puede identificar más fácilmente las proyecciones que cada cara produce en los planos de proyección, utilizando el color como una forma de identificación.

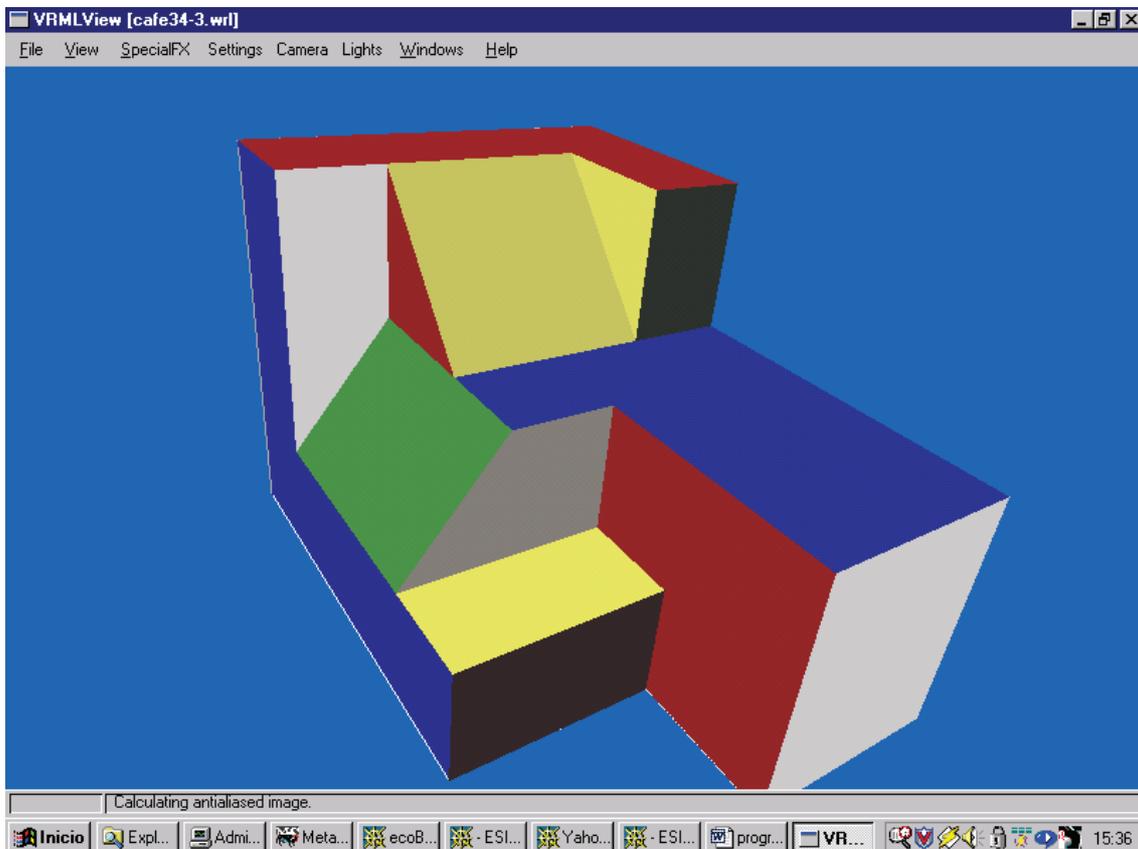


Figura 9.- Ejemplo de pieza en VRML con las caras coloreadas.

Otra actividad variante que sigue los mismos objetivos descritos para las actividades precedentes consiste en ofrecer al alumno una perspectiva de una pieza con las superficies deletreadas. El alumno debe relacionar la letra de cada superficie con las proyecciones de las vistas del enunciado, asignando la misma letra a las proyecciones de dicha superficie en todas las vistas. En el caso de que la proyección sea un área se traza la letra en su interior, caso de que la proyección sea una arista, se designa uniendo la letra a la arista mediante una flecha.

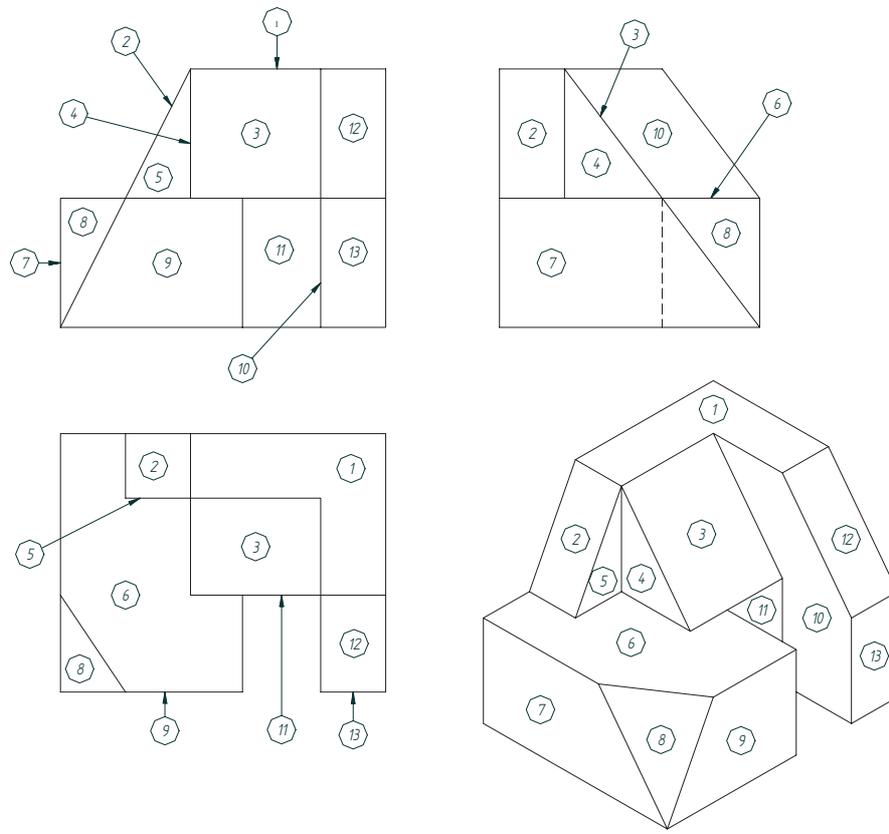


Figura 10.- Ejemplo de pieza con las caras rotuladas en perspectiva y la solución con las proyecciones también rotuladas.

A6. APLICACIÓN DEL MODELO GUÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN.

Se presenta a los alumnos otro enunciado de visualización, que va a ser resuelto por el profesor siguiendo el modelo de resolución propuesto en el apartado 1.3.

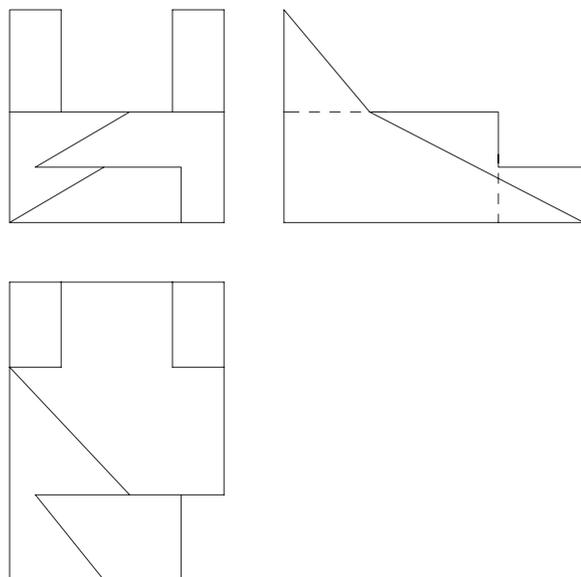


Figura 11.- Posible enunciado para la aplicación del modelo guía de resolución de problemas de visualización.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El objetivo de esta actividad es presentar a los alumnos la guía de procedimientos recomendada, pero no como exposición de contenidos o una lección magistral, sino aplicándola a una pieza (o un par de piezas) a modo de ejemplo práctico. De esta manera, se tratarán tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales implicados en la visualización de piezas, y el aprendizaje de estos contenidos será más comprensivo y motivador al aplicarlo a un caso práctico.

En esta actividad se comentarán las coincidencias y las diferencias del modelo propuesto respecto a las aportaciones realizadas por los alumnos en la actividad precedente. Se tratarán todos los métodos y estrategias de resolución propuestos en el modelo alternativo, y se realizarán valoraciones sobre su conveniencia de uso dependiendo de las características de la pieza objeto de estudio. Por ello, aunque se resuelva por completo un único problema de visualización para presentar el modelo, resulta conveniente mostrar ejemplos de otros enunciados en los que se recomienda la utilización de alguno de los métodos o en los que se observa de una manera más clara la aplicación de alguna estrategia o análisis de variables.

Es conveniente recordar que el modelo propuesto no se presenta como una algoritmización del proceso de resolución de los problemas de visualización, sino más bien, como un modelo-guía en el que se muestran las distintas posibilidades. En función de las características de una pieza habrá de valorarse la conveniencia de seguir tal o cual método o estrategia.

Al igual que en otras actividades es posible el análisis de resultados recurriendo a la posibilidad de interacción que proporciona el sistema multimedia gracias al formato VRML.

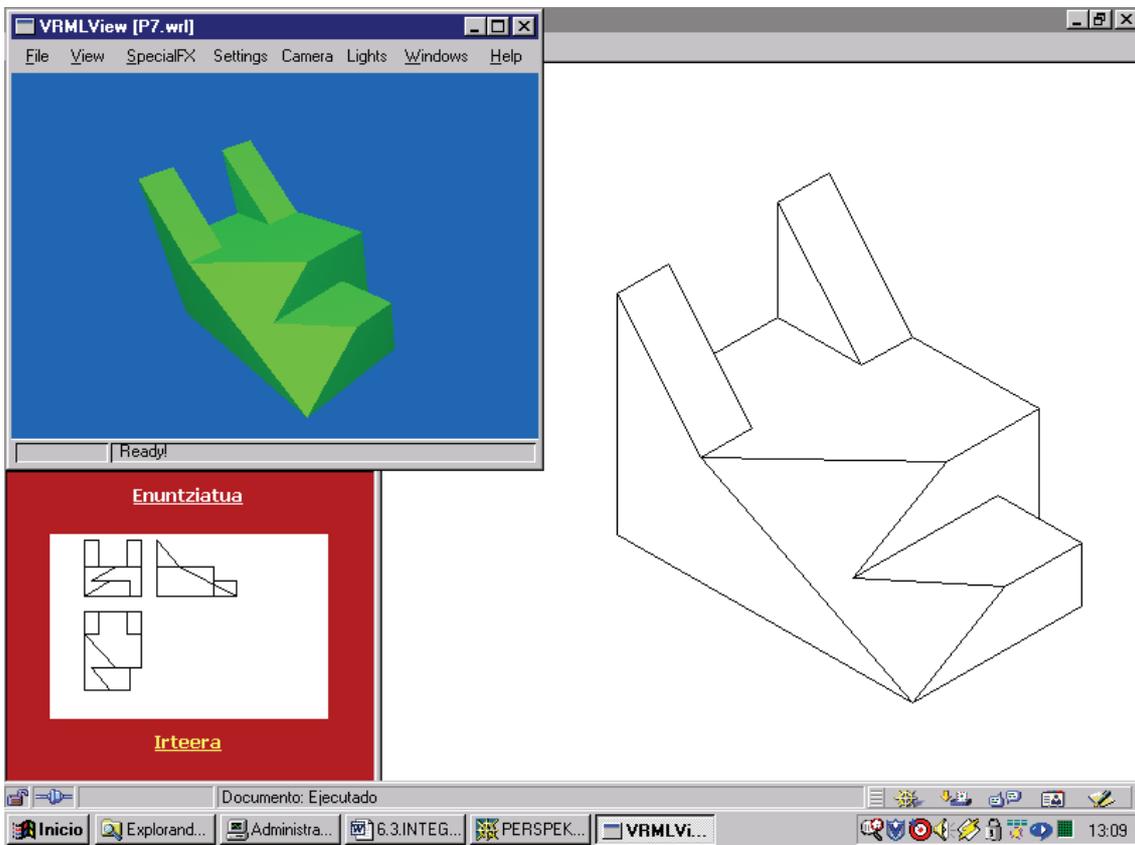


Figura 12.- Posibilidad de interacción para el análisis de resultados por ordenador mediante VRML.

A7. COMPRENSIÓN Y RECONOCIMIENTO DE FORMAS SÓLIDAS PRIMITIVAS.

Observa y analiza las proyecciones producidas por las siguientes formas sólidas geométricas primitivas.

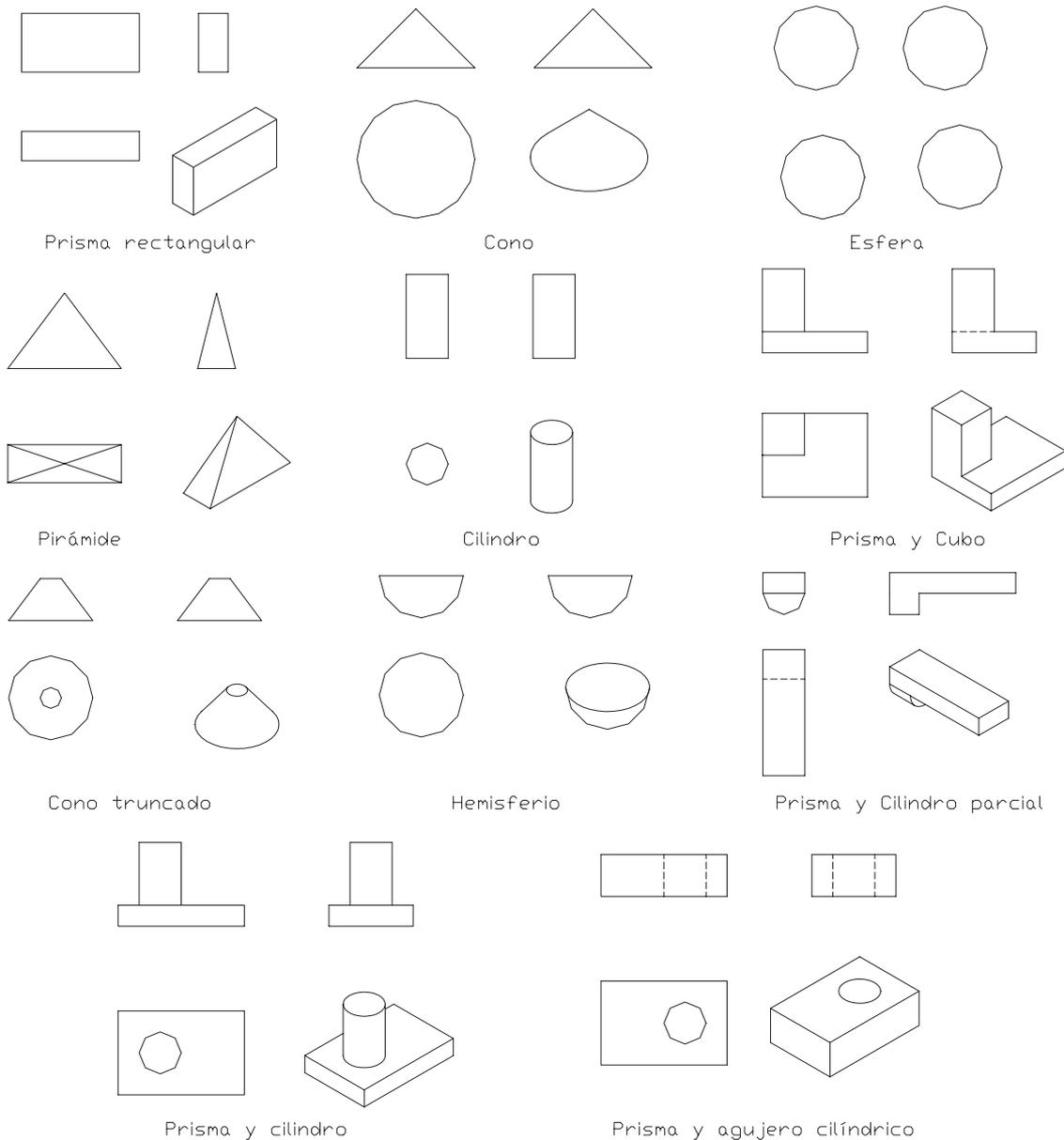


Figura 12.- Ejemplo de piezas compuestas por formas sólidas primitivas .

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El estudio y la comprensión de las proyecciones de las formas geométricas primitivas más comunes es necesario para poder reconocer estas formas cuándo un sólido esté parcial o totalmente constituido por una composición de formas geométricas primitivas. La comprensión y reconocimiento de estas formas es necesaria para que el estudiante sea capaz de visualizar este tipo de piezas.

A8. RECONOCIMIENTO DE SUPERFICIES CON FORMAS Y CONFIGURACIÓN SIMILARES.

Señala en las vistas del enunciado aquellas formas similares que se repiten y que corresponden a proyecciones de la misma superficie.

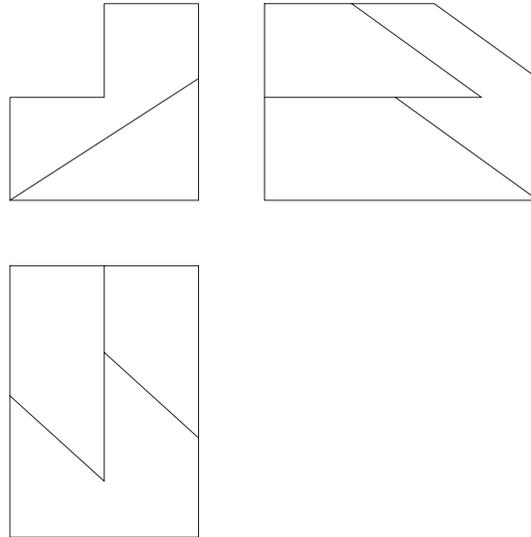


Figura 13.- Ejemplo de enunciado para reconocimiento de superficies con formas y configuración similares.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

La forma y la configuración de las aristas del contorno de una proyección es una de las variables a tener en cuenta a la hora de realizar el análisis cualitativo de un enunciado. El reconocimiento de las formas y configuraciones similares en las vistas ayuda a encontrar superficies perpendiculares u oblicuas a los planos de proyección, ya que en los dos casos, se mantiene la forma y configuración del contorno de la proyección en todas las vistas, a menos que en una de ellas se vea como una arista. El número de aristas de una cara permanece constante en todas las vistas y las aristas que son paralelas en una vista lo son en las otras vistas.

En el ejemplo de la figura anterior hay una forma que se repite en las tres vistas, correspondiente a la proyección de seis lados en el contorno, en el que podemos apreciar que los paralelismos entre aristas en una vista se mantienen en las otras vistas.

### A9. HOMOGRAFÍA DE CORRESPONDENCIA ENTRE PROYECCIONES DE UN PLANO.

Se trata de que el alumno mencione las condiciones de correspondencia entre proyecciones de una vista a otra. Es decir, si partiendo de una proyección en una vista, y tratando de determinar el resto de proyecciones que un plano ha originado en las demás vistas, ¿qué reglas o condiciones se deben cumplir que permitan encontrar esas correspondencias? Por ejemplo, en el caso del problema planteado a continuación, ¿cómo determinar cuál de las proyecciones de la vista perfil y planta corresponden a las proyecciones señaladas con 1, 2 y 3, respectivamente?

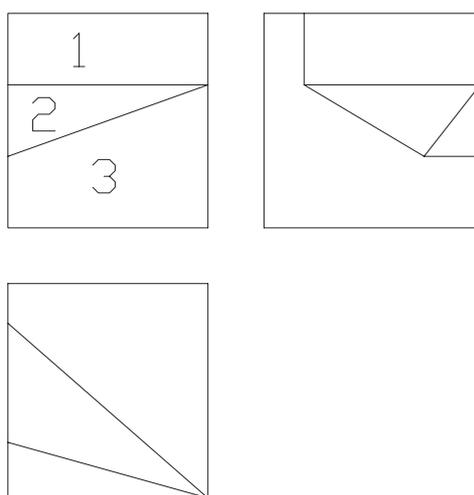


Figura 14.- Ejemplo de enunciado para tratar la homografía de correspondencia entre proyecciones.

#### **Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

Las condiciones de homografía son iguales para los tres tipos de plano propuestos con 1, 2, y 3. En general, todos los alumnos comentan la condición de alineamiento de las proyecciones según las direcciones de proyección, pero no todos hacen mención a la similitud de forma y configuración similar de las proyecciones de un mismo plano. Es menor aún el número de alumnos que mencionan el invariante proyectivo del paralelismo.

Se da también el caso de alumnos que intentan corresponder siempre una proyección con otra alineada que constituya un área, sin plantear la posibilidad de que la proyección sea una arista cuando se trate de un plano proyectante, y no un área.

En el ejemplo propuesto en la figura anterior, si tratamos de encontrar la correspondencia a la proyección 1 fijándonos únicamente en el perfil, tenemos en principio tres posibilidades: que se trate de un plano paralelo al alzado, en cuyo caso correspondería su proyección a la línea vertical que se encuentra alineada con la misma, o bien, que se trate de un plano proyectante a la planta, en cuyo caso le correspondería el área rectangular del perfil, y una arista en la planta, o por último, que se tratara de un plano oblicuo, en cuyo caso le correspondería un área en el perfil, y también en la planta. En este caso, de las tres posibilidades, la correcta es la segunda, ya que las condiciones de alineamiento e igualdad de número de lados del contorno hacen imposible los otros dos casos. Observamos además aristas paralelas dos a dos tanto en el alzado como en el perfil.

En la proyección rotulada con el número dos, al pasar al perfil, por alineamiento podrían corresponderle los dos triángulos del perfil, pero fijándonos en la situación de cada punto del triángulo observamos que sólo la situada más a la izquierda puede ser su correspondiente. En la planta le corresponde otro área triangular, por lo cual se trata de un plano oblicuo. Para la proyección número tres, formada por cuatro lados en el contorno siendo dos de ellos paralelos, observamos que la única posibilidad de correspondencia es la arista vertical situada a la derecha de la vista perfil, por lo que se trata de un plano paralelo al alzado.

A10. ACTIVIDADES DESTINADAS A ASPECTOS PROCEDIMENTALES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN.

Se presenta el enunciado de un problema compuesto por la representación de una pieza mediante vistas (cualquiera de los enunciados de la siguiente figura). Se trata de aplicar los distintos pasos del proceso de resolución planteado en el modelo alternativo, centrándose en los aspectos procedimentales.



Figura 15. – Acceso a varios problemas de obtención de perspectivas a partir de vistas.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El objetivo principal de esta actividad es analizar y plantear la resolución de los problemas de visualización colectivamente en el aula, como paso previo a la resolución individual de los mismos por el alumno en su domicilio.

Se propondrá el estudio de una amplia variedad de piezas, de manera que el alumno tenga que enfrentarse a casos distintos en los que sea más conveniente la utilización de alguna de las distintas estrategias, de cara a que llegue a utilizar en algún momento todas ellas.

Por tanto, esta actividad se repetirá en varias clases, dependiendo de las necesidades del grupo, y constituye una actividad en la que se incluyen y se tratan prácticamente todos los conocimientos y aspectos concernientes a la resolución de los problemas de visualización.

Los problemas planteados no se resolverán por completo en el aula, sino que se abordarán cuestiones concretas que sirvan para orientar y plantear el proceso de resolución: análisis cualitativo de enunciado, emisión de hipótesis, y estrategias de resolución.

Siendo los aspectos procedimentales, conocimientos que se adquieren más rápidamente mediante la resolución de problemas por parte del alumno pero guiada por la experiencia de un

experto, se seguirá la dinámica de aula propuesta en el apartado 5.2. combinando trabajo individual del alumno, con el trabajo cooperativo con sus compañeros y con el profesor.

Es necesario recalcar al alumno la importancia del *análisis cualitativo* como la fase inicial de la resolución de un problema en el que todas las variables posibles son analizadas, sin dejar de lado ninguna de ellas, antes de proceder a la resolución y trazado del mismo.

Se analizará el *volumen* ocupado, se recurrirá al *análisis de sólidos* cuando sea posible, se analizarán las *superficies*, y los *vértices*, cuando éstos últimos estén definidos unívocamente, o cuando pueden servir de referencia en el trazado.

Se prestará atención a variables que algunos alumnos no consideran, como la *forma* y *configuración* de las proyecciones, tratando también el *paralelismo* o la *perpendicularidad*.

Se tratarán las distintas *estrategias de análisis de la información*, como la disgregación en primitivos geométricos, el orden de análisis de las vistas, o la secuencia de análisis de los elementos de la pieza.

En la *emisión de hipótesis* será conveniente proponer a los alumnos que emitan todas las hipótesis que se les ocurran. A menudo, tales hipótesis son consecuencia de errores o deficiencias en alguno de los conceptos implicados en la visualización de piezas, y por tanto tales hipótesis podrán ser rebatidas o ampliadas, no descartando a priori ninguna posibilidad.

Por ejemplo, cuando algunos alumnos detectan en un enunciado de dos vistas, una forma que se repite en ambas vistas, y que corresponde a una misma superficie, llegan a la conclusión de que se trata de un plano oblicuo, ya que ese tipo de plano aparece en todas las vistas como un área. Sin embargo, los planos perpendiculares también pueden aparecer como áreas, si las vistas representadas no corresponden a la dirección de proyección en la que se visualizaría su proyección como una arista. Es decir, no hay que descartar a priori ninguna de las dos posibilidades, de que se trate un plano oblicuo o un plano perpendicular a los planos de proyección, error que como se ha dicho, cometen algunos alumnos.

En base al análisis cualitativo del enunciado, a la emisión de hipótesis, y al cuerpo de conocimientos, se elaborarán tentativas de resolución, eligiendo de entre los métodos o estrategias de resolución existentes aquél que se considere más idóneo dadas las características de la pieza. Se realizará una *planificación* del proceso de resolución, tratando y valorando distintos criterios de elección de un método o estrategia.

Para el *trazado* de la solución en perspectiva se valorará la conveniencia de utilizar o prescindir de elementos de ayuda para la delineación, como el prisma envolvente, o la utilización de puntos de referencia, y la secuencia de trazado idónea a seguir.

La resolución del problema será realizado individualmente por el alumno en su domicilio, una vez tratados y planteados todos los aspectos comentados hasta ahora.

Por último, en una clase posterior se realizará un *análisis de resultados*, visualizando la solución del problema tanto en perspectiva, como virtualmente mediante el sistema multimedia y los ficheros de las piezas en formato VRML. Se interactuará con la pieza, observándola desde distintos puntos de vista a petición de los alumnos, pudiendo éstos interactuar también individualmente con ella, tanto en el aula, como en su domicilio.

Se accede a los distintos problemas a través de imágenes de los enunciados que enlazan con nuevas páginas en las que se ofrecen las distintas opciones desarrolladas, como la posibilidad de visualizar las piezas en 3D mediante VRML, o de acceder a la solución del problema representado en perspectiva.

A11. PROBLEMAS DE TERCERA VISTA.

Se presenta una pieza representada por dos vistas normalizadas. Se pide dibujar la tercera vista de la misma. Como ejercicio adicional, dibuja la perspectiva de la pieza.

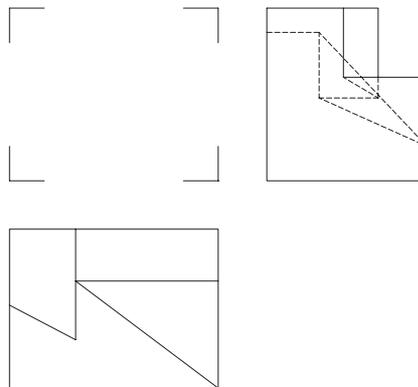


Figura 16.- Ejemplo de enunciado de un problema de tercera vista.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

Esta actividad de determinación de una tercera vista es habitual entre los problemas que se proponen en visualización. En nuestro caso se mantiene como una manera de determinar si el alumno presenta deficiencias de interpretación o dominio de alguna de las vistas normalizadas. Por ello, se proponen tres variantes en la representación de la pieza: dando el alzado y el perfil, se pide la planta; dando el alzado y la planta, se pide el perfil; dando el perfil y la planta, se pide el alzado. Como se ha comentado en el apartado 4.2.1, la mayoría de alumnos presenta más dificultades de interpretación de la vista planta, por lo que en general, si se constata tal deficiencia, habrán de proponerse más problemas en el que se tenga que interpretar esa vista.

Esta actividad puede ser realizada por el alumno en su domicilio pudiendo interactuar con la pieza virtual, y girarla para visualizar la vista que se requiere, y comprobar la solución del problema.

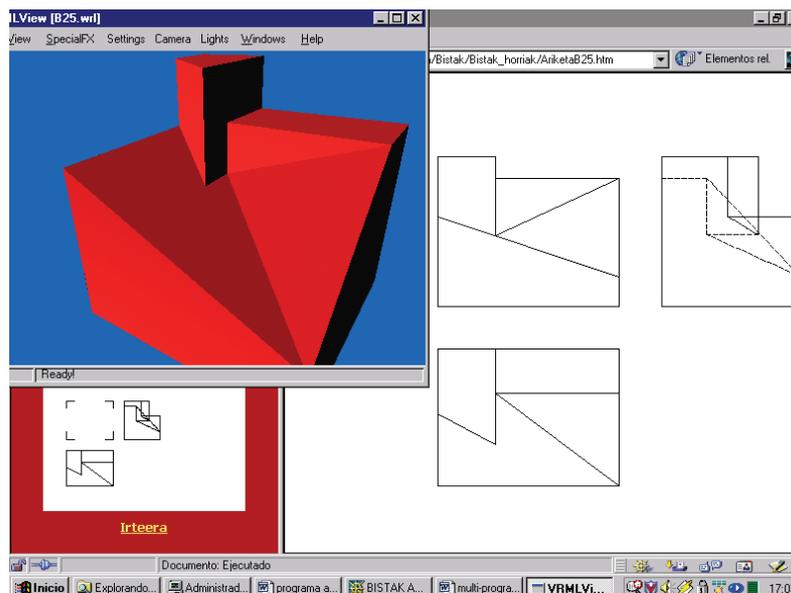


Figura 17.- Ejemplo de solución a un problema de tercera vista y posibilidad de interacción en VRML.

A12. PROBLEMAS ABIERTOS.

Se dan las vistas de un objeto que no está definido unívocamente, es decir, que puede haber más de una pieza solución al problema. Dibuja la perspectiva isométrica de las posibles piezas que pudieran dar las mismas proyecciones del enunciado, y dibuja asimismo las vistas restantes para cada una de las soluciones posibles.

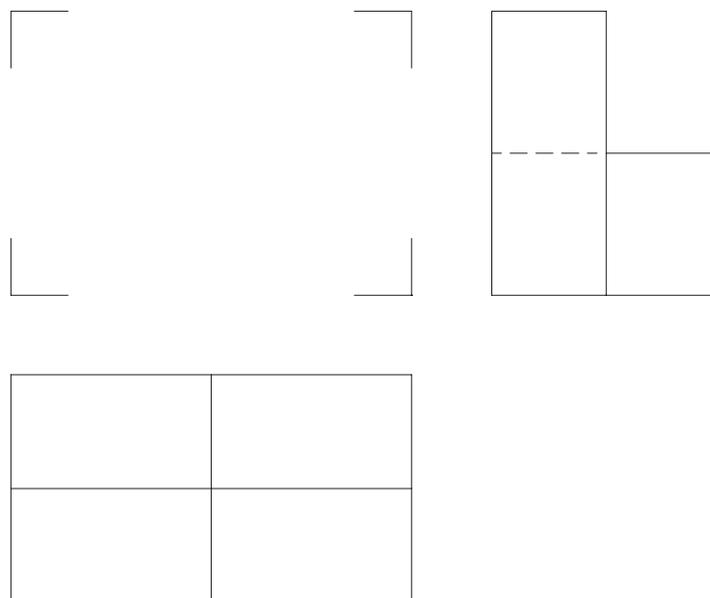


Figura 18.- Ejemplo de enunciado de un problema abierto.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

El objetivo de esta actividad es que el alumno comprenda las áreas adyacentes en una vista como superficies que no pueden encontrarse en el mismo plano. La frontera entre las superficies está representada como una única línea que indica un *cambio de plano*. Es decir, las áreas adyacentes representan: superficies a diferentes niveles, superficies perpendiculares u oblicuas a los planos de proyección, superficies cilíndricas, o una combinación de todas las anteriores.

Como se indicó en el apartado 4.2., que trataba las dificultades y deficiencias presentadas por los alumnos en la visualización de piezas, algunos de ellos representan áreas adyacentes en una vista como dos proyecciones correspondientes al mismo plano, es decir, mantienen la arista frontera entre dos áreas adyacentes sin realizar un cambio de plano. Esta actividad pretende corregir esta deficiencia.

Por otro lado, al ser el problema de tipo abierto, es decir, con más de una solución posible, obliga al alumno a realizar hipótesis sobre los posibles tipos de plano y su orientación en el espacio que pudieran dar lugar a la proyección del enunciado, reforzando la clasificación de los tipos de plano, y el planteamiento de todas las posibilidades, sin olvidar ninguna.

Para esta actividad también se propone la utilización del sistema multimedia, y la interacción con las piezas objeto de estudio en VRML.

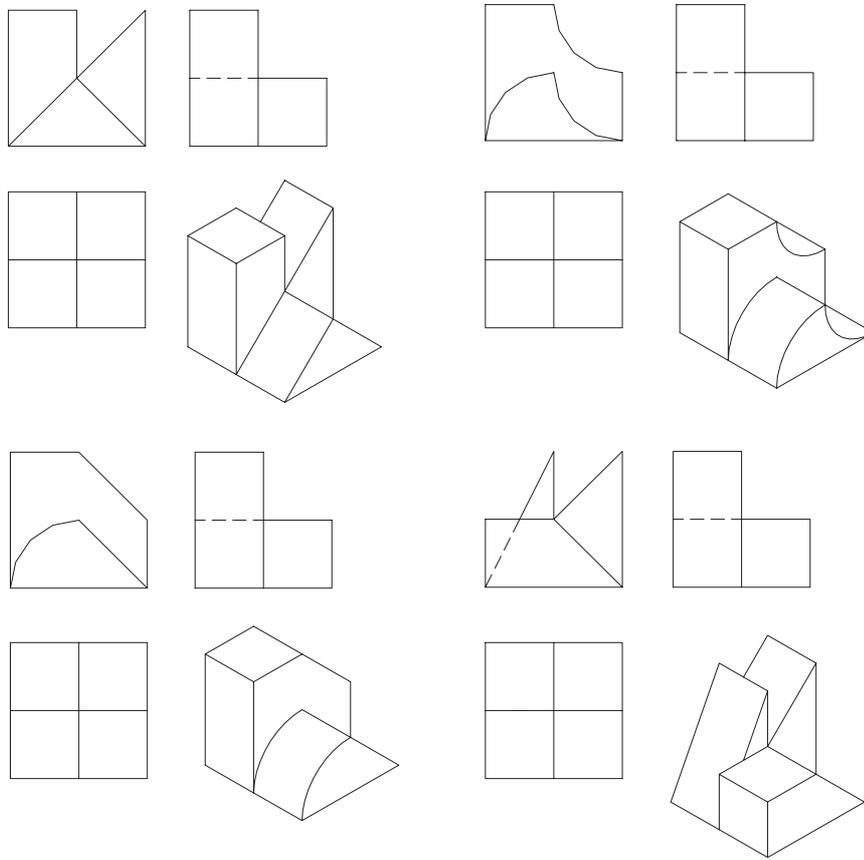


Figura 19.- Ejemplo de varias soluciones correctas de un problema abierto.

A13. PROBLEMAS DE LÍNEAS FALTANTES.

Se presentan enunciados de piezas consistentes en dibujos de vista múltiple en las que falta al menos una línea. Estudia cada vista y a continuación añade las líneas faltantes a las vistas incompletas. Las líneas pueden faltar en más de una de las vistas. Para ello puede resultar útil dibujar la perspectiva para determinar la posición de las líneas faltantes.

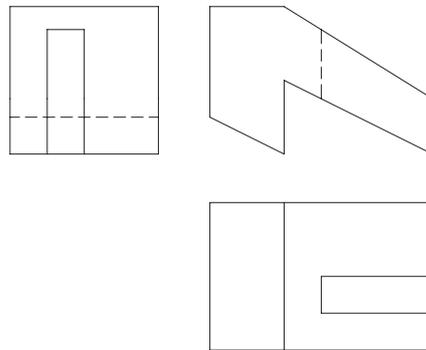


Figura 20.- Ejemplo de enunciado de un problema de líneas faltantes.

**Comentario sobre propósito de la actividad, metodología y posibles dificultades de los alumnos:**

Es necesario crear una imagen mental de la pieza para poder encontrar las líneas faltantes y dibujarlas correctamente, por alguno de los métodos propuestos en el modelo guía, o si se considera necesario, dibujar la perspectiva. Para identificar las características faltantes se hace uso de una combinación holística de habilidades de visualización y análisis sistemático del enunciado y de la perspectiva. Esto ayuda a adquirir mayor facilidad para leer e interpretar vistas, y detectar posibles errores.

La posición de las líneas faltantes, además de determinarla a partir de la representación mental tridimensional o del trazado en perspectiva de la pieza, se puede encontrar trazando líneas auxiliares de construcción entre las vistas a partir de cualquier esquina o arista del enunciado, ya que toda proyección de un vértice en una vista debe alinearse con otro vértice o arista en la otra vista.

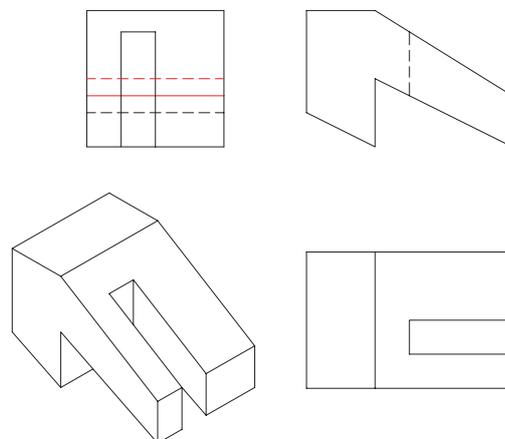


Figura 21.- Ejemplo de solución a un problema de líneas faltantes.

La interacción con las piezas en VRML permite al alumno analizar los resultados, encontrar posibles errores, y comprender mejor las características de las líneas faltantes.

### 6.3. DISEÑOS EXPERIMENTALES CENTRADOS EN EL APRENDIZAJE LOGRADO CON LA PROPUESTA ALTERNATIVA.

La segunda consecuencia contrastable de la segunda hipótesis (C2) afirma que la experimentación de la propuesta alternativa producirá mejores resultados en los alumnos que los modelos utilizados habitualmente, tanto en los resultados relativos al aprendizaje logrado en la visualización de piezas (cuyo diseño para contrastarlo se muestra en el apartado 6.3.1) como al interés y la actitud mostrados por los alumnos hacia el aprendizaje de esta materia (apartado 6.3.2).

#### **6.3.1. Diseños para contrastar que los estudiantes de los grupos experimentales obtienen mejores resultados en el aprendizaje de la visualización que los del grupo de control.**

A continuación se exponen los diseños elaborados para demostrar que al trabajar en clase el programa de actividades presentado en el apartado anterior se obtienen mejores resultados en el aprendizaje de la visualización en los grupos experimentales frente a los grupos de control.

Por un lado, se han diseñado cuestionarios para contrastar la mejora en la correcta resolución de los problemas de visualización, es decir, para mostrar que los alumnos de los grupos experimentales llegan significativamente en mayor porcentaje a la *solución correcta final* de estos problemas (apartado 6.3.1.1).

Por otro lado, se ha realizado un diseño consistente en analizar el *proceso de resolución* de los problemas de visualización de un grupo de alumnos elegidos al azar en el grupo experimental, para contrastarlo con el proceso realizado por alumnos del grupo de control, y constatar la mejora en los razonamientos y argumentos empleados en dicho proceso (apartado 6.3.1.2).

Por último, se ha realizado un diseño para contrastar la posible mejora que la utilización del sistema multimedia produce en la *capacidad espacial* del estudiante, destreza general que está relacionada con la visualización.

### 6.3.1.1. Diseños para contrastar la mejora en la resolución correcta de los problemas de visualización.

Para verificar la efectividad que la implementación de la propuesta alternativa producirá en la mejora de la visualización de piezas, se han diseñado una prueba (Documento 4) que consiste en proponer a los alumnos la resolución de dos problemas de visualización, de manera que a partir de la representación de una pieza a través de vistas múltiples, se requiere al alumno que dibuje la perspectiva de la misma. Se han propuesto dos piezas de diferente grado de dificultad: La primera de ellas, presenta todos los posibles tipos de plano (varios paralelos, dos perpendiculares, y dos oblicuos a los planos de proyección), y correspondería a un nivel de dificultad medio-alto. La segunda pieza tiene como característica principal la existencia de cuatro planos oblicuos, dos de los cuales están representados mediante líneas ocultas, y correspondería a un nivel de dificultad medio. (según los criterios de dificultad del apartado 3.5.1.1).

El objetivo de esta prueba es determinar el porcentaje de alumnos que llegan a las soluciones correctas, sin presentar error alguno. Estos alumnos poseerían los conocimientos conceptuales y procedimentales básicos necesarios para la visualización de piezas.

Por otro lado, a la hora de comprobar la mejora en los resultados logrados en el aprendizaje por parte de los alumnos, y con el fin de evitar en lo posible el efecto Hawthorne (las cosas salen mejor cuando las hace el mismo que realiza la propuesta innovadora), además de los alumnos de los grupos experimentales en los que impartió docencia el autor de este trabajo de investigación, se pasaron las dos pruebas citadas a grupos de alumnos pertenecientes a dos profesores tutorizados que pusieron en práctica la propuesta alternativa en el aula durante el curso 2002-2003.

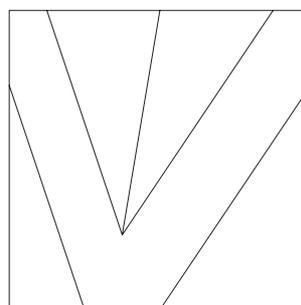
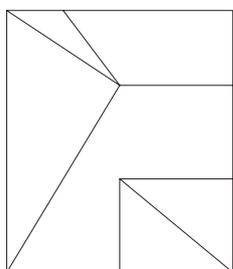
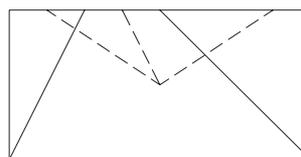
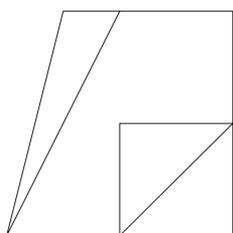
Dichos cuestionarios se administraron al terminar las actividades del programa en situación de examen.

En la siguiente tabla se presentan los grupos de alumnos que han intervenido en la investigación, y a continuación el cuestionario utilizado, y el estadillo de corrección.

CURSO	GRUPOS EXPERIMENTALES	GRUPOS DE CONTROL
01-02	I.T.I.Química (Euskera)(N=28) I.T.I.Electricidad (Euskera)(N=24)	I.T.I.Química (Castellano)(N=26) I.T.I.Electricidad (Castellano)(N=26) I.T.I.Electrónica (Castellano)(N=31)
02-03	I.T.I.Electricidad (Euskera)(N=13) I.T.I.Electrónica (Euskera)(N=42) I.T.I.Electrónica (Castellano)(N=39)	I.T.I.Electricidad (Castellano)(N=15)
TOTAL	N=146	N=98

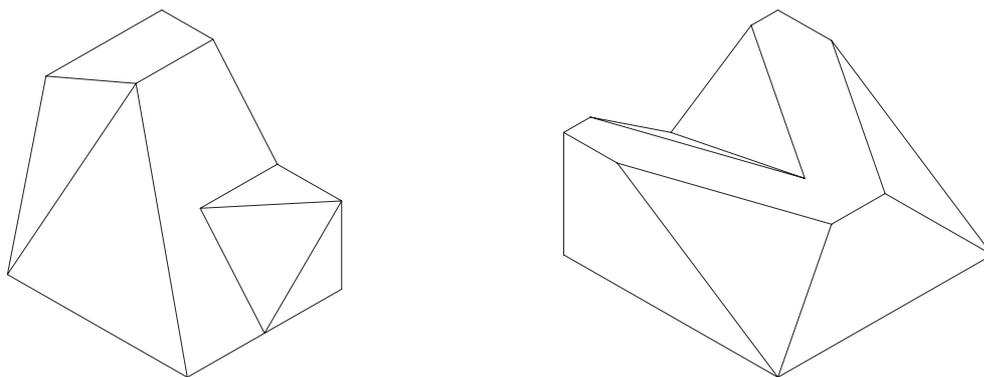
**Documento 4. Cuestionario para resolver problemas de visualización.**

Se dan a continuación las vistas diédricas de dos piezas. Se pide que dibuje la perspectiva isométrica de dichas piezas.



**Criterios de valoración del Documento 4.**

Para poder realizar una contrastación sin sesgo y evitar posibles diferencias de criterio en la evaluación mediante una nota del 0 al 10 de las distintas respuestas de los alumnos, se ha contabilizado el número de respuesta correctas que no presentaran error alguno. El porcentaje de respuestas correctas sin errores será el indicador a contrastar entre los grupos de control y experimentales.



Soluciones correspondientes a los dos problemas de visualización del Documento 4.

6.3.1.2. Diseños para valorar la mejora en los razonamientos y argumentos empleados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización.

En este apartado se pretende analizar el proceso de resolución de los problemas de visualización de un grupo de alumnos elegidos al azar en el grupo experimental. Se recordará que en el apartado 4.2 se analizaron tres problemas de visualización resueltos por doce alumnos de un grupo de control, y se categorizaron sus respuestas según una línea de razonamiento o deficiencia encontrada en base a un protocolo de corrección (apartado 3.5.2).

Para mostrar la mejora en el proceso de resolución de problemas de visualización, se ha entrevistado a 6 alumnos del grupo experimental, a quienes se ha grabado el proceso de resolución de los tres mismos problemas mostrados en el Documento 3 del apartado 3.5.1.

Se prestará especial atención a los razonamientos y argumentos que no aparecían en el análisis de los problemas resueltos por los alumnos del grupo de control (apartado 4.2), y que sí se daban entre los expertos (capítulo 1), o que se dan en una mayor proporción significativa respecto al grupo de control, al tratarse en este caso de realizar un análisis cualitativo del proceso de resolución y reflejar las mejoras observadas en el mismo. Se pretende demostrar así que el programa de actividades desarrollado y experimentado en el aula consigue que los alumnos adquieran los conocimientos conceptuales y procedimentales integrados en el modelo de resolución de los problemas de

visualización mostrado en el capítulo 1, y se aproximan a las formas de razonamiento utilizados por los expertos y sus estrategias de resolución.

6.3.1.3. Diseños para contrastar la mejora que la utilización del sistema multimedia produce en la capacidad espacial del estudiante.

En el apartado 5.3. se mencionó que algunos investigadores indican la posibilidad de mejorar la capacidad espacial del estudiante mediante la utilización de los recursos que aportan las TIC y la herramienta VRML.

*Parece que a la vista de los resultados de la investigación sobre el uso de tecnología, las estrategias desarrolladas utilizando recursos que aportan las TIC pueden mejorar la capacidad de percepción espacial de los estudiantes (Garrido, 1999).*

Para contrastar dicha mejora se ha utilizado el sistema multimedia basado en tecnología VRML en dos grupos experimentales a lo largo de dos cursos lectivos, comparándolos con otros dos grupos de control en los que se siguió exactamente la misma programación, contenidos y metodología, siendo la única diferencia entre ellos la utilización del sistema multimedia. En todos los grupos de alumnos la docencia fue impartida por profesor-investigador de este trabajo.

Muestra:

CURSO	GRUPOS EXPERIMENTALES	GRUPOS DE CONTROL
00-01	I.T. Química Industrial (N=16)	I.T.I.Electricidad (N=9)
01-02	I.T. Química Industrial (N=23)	I.T.I.Electricidad (N=16)
TOTAL	N=39	N=25

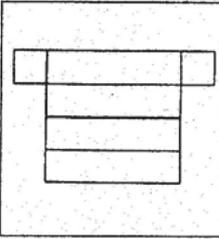
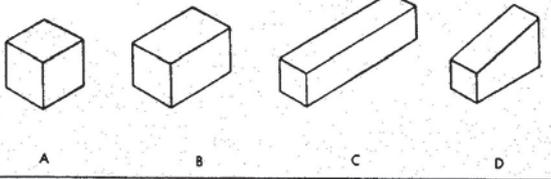
Para la contrastación se ha realizado una primera prueba el primer día de clase, pasando a los alumnos de los grupos de control y experimentales la prueba DAT - SR (Differential Aptitude Test - Spatial Relation), que mide la capacidad espacial del

estudiante (Bennet, Seashore y Wesman, 1940). El último día de clase se repitió el test en ambos grupos para comparar la mejora obtenida en esa destreza general.

*Los elementos de este test combinan dos aspectos que frecuentemente se habían considerado de modo independiente: la facilidad para visualizar un objeto que ha de construirse a partir de esquemas o modelos previos y la capacidad para imaginar cómo aparecería un objeto si se le hiciese girar en distintos sentidos o hubiese de ser percibido desde diversas perspectivas. Ambos factores son importantes para llegar a una buena definición de la “capacidad para pensar en términos espaciales”.*

*La prueba trata principalmente de apreciar esa capacidad para manejar mentalmente objetos, imaginándose una estructura a partir de un plano o diseño. Esta aptitud espacial es necesaria en profesiones que exijan la visualización de objetos en tres dimensiones, tales como las de dibujante, proyectista, arquitecto, diseñador, decorador, etc. (Bennet, Seashore y Wesman, 1940).*

Se muestra a continuación un extracto de la documentación correspondiente a las instrucciones del test DAT-SR de capacidad espacial para comprender en qué consiste la prueba.

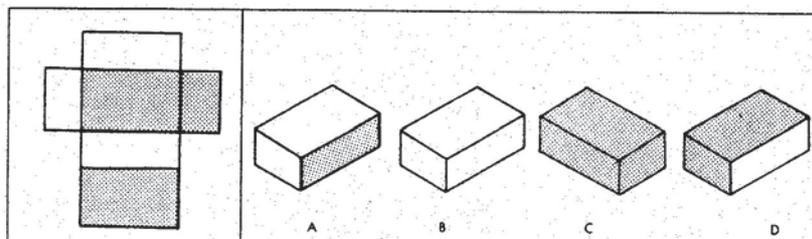
<b>Documento 5. Test DAT-SR para la medición de la capacidad espacial.</b>	
INSTRUCCIONES	
Este test consta de 60 problemas. En cada uno se presenta un modelo o patrón que es el desarrollo en superficie de una figura de tres dimensiones. A continuación aparecen 4 figuras. Una de ellas se ha formado doblando el modelo. Su tarea consiste en averiguar cuál es esta figura.	
El modelo siempre representa la parte exterior de la figura.	
He aquí un ejemplo:	
	

¿Cuál de estas figuras, A, B, C o D, puede construirse a partir del modelo? Evidentemente la C, porque las otras son de forma y tamaño diferente. Compruébelo.

Por eso, en la Hora de respuestas, debe marcarse la letra C en la fila correspondiente al ejemplo.

En cada problema hay siempre cuatro figuras a continuación del modelo. De ellas, sólo una está correctamente construida a partir de él.

Fíjese ahora en el ejemplo 2°:



El modelo puede doblarse formando una caja. Las dos caras mayores y una de las pequeñas deberán ser oscuras. La figura que resulta ha de tener estas tres caras oscuras aunque alguna no aparezca a la vista debido a la colocación de la caja.

Las cuatro figuras son correctas en cuanto a la forma; pero las caras que se ven son diferentes. Sólo una de estas figuras puede construirse a partir del modelo. Fíjese en las cuatro posibilidades de elección:

- La figura A está mal; tiene un lateral oscuro y la superficie superior blanca; en el modelo los dos laterales son blancos y las dos superficies mayores oscuras.
- La figura B es igualmente incorrecta porque la superficie superior debería ser oscura.
- La figura C es igualmente incorrecta porque tiene oscuro uno de los laterales a diferencia del modelo.
- La figura D está bien; todas las caras que aparecen a la vista concuerdan con las del modelo.

Así pues, aunque todas las figuras son correctas en cuanto a la forma, sólo en la D aparecen correctamente las superficies oscuras. Por eso, en la Hoja de respuestas, se debe marcar la letra D, en la fila correspondiente al ejemplo 2°.

Recuerde que la superficie que Vd. ve en el modelo representa siempre la parte exterior de la figura.

Al realizar el ejercicio:

- Estudie el modelo.
- Elija la figura que puede construirse a partir de él.
- Dé su contestación marcando, en la Hoja de respuestas, la letra elegida.

Dispone de 25 minutos.

Trabaje lo más rápida y exactamente que pueda. Si no está seguro de una contestación, marque la que crea mejor.

### 6.3.2. Diseño para contrastar las actitudes del alumnado hacia la nueva propuesta de enseñanza de visualización.

En el apartado anterior se han realizado diseños para evaluar la mejora del aprendizaje logrado con la nueva propuesta de enseñanza de visualización. Sin embargo, otro de los aspectos en los que incide el modelo de aprendizaje es el actitudinal, favoreciendo que los alumnos no sólo aprendan más, sino además, mejor. Presentamos a continuación el diseño realizado para evaluar la influencia del nuevo modelo de enseñanza/aprendizaje en la actitud de los alumnos.

Por un lado, se ha realizado un cuestionario con sentencias sobre los contenidos que se han trabajado en la propuesta alternativa, los materiales utilizados, las estrategias didácticas seguidas, y la satisfacción global del alumno en el aprendizaje de la visualización de piezas. Por otro, se ha realizado una prueba en situación “cuasiciega” para valorar la actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de la asignatura de Expresión Gráfica.

#### 6.3.2.1. Diseño para medir la actitud de los alumnos de los grupos experimentales hacia el aprendizaje de la visualización con la nueva propuesta.

El siguiente cuestionario se pasó en los tres grupos experimentales en los que impartió docencia el profesor-investigador de este trabajo una vez concluida la docencia de visualización de piezas.

Muestra:

CURSO	GRUPOS EXPERIMENTALES
00-01	I.T. Química Industrial (N=23)
01-02	I.T. Química Industrial (N=26)
02-03	I.T.I. Electricidad (N=16)
TOTAL	N=65

Los alumnos deben elegir en una escala de Likert adaptada a una valoración más interiorizada en el alumno, que va de 0 a 10 según su acuerdo o desacuerdo con las sentencias del cuestionario.

**Documento 6. Cuestionario para medir la actitud de los alumnos de los grupos experimentales hacia el aprendizaje de la visualización con la nueva propuesta.**

Las respuestas a este cuestionario nos van a servir para hacer una reflexión sobre el tratamiento y la metodología seguida para el aprendizaje de la visualización y para mejorarla en los cursos siguientes, por eso debemos contestarlo con sinceridad.

El cuestionario consta de tres apartados, en cada uno de los cuales aparecen varias afirmaciones. Léelas detenidamente antes de responder, y luego puntúa de 0 a 10 cada una de ellas según tu grado de acuerdo o desacuerdo con lo que dicen, empleando la siguiente escala:

Totalmente de acuerdo:	de 8 a 10
De acuerdo:	de 6 a 7
Indiferente:	5
En desacuerdo:	de 3 a 4
Totalmente en desacuerdo:	de 0 a 2

**Apartado 1.- Sobre los contenidos trabajados y los materiales utilizados.**

- 1.-La cantidad de contenidos ha sido adecuada.
- 2.-Los contenidos eran adecuados, en cuanto a dificultad, para mi nivel de conocimientos.
- 3.-El modelo de resolución de problemas de visualización trabajado sirve de guía para iniciarse en la resolución de los mismos.
- 4.-La utilización del ordenador y del sistema multimedia como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización es necesario y sirve de ayuda para comprender mejor las piezas.
- 5.-Los materiales que ha facilitado el profesor son de calidad.

**Valoración global del apartado 1.**

Si consideras conveniente hacer algún comentario o valoración global sobre este apartado, hazlo aquí.

**Apartado 2.- Metodología de enseñanza.**

- 1.-El método de enseñanza fue adecuado a los contenidos.
- 2.-En clase se dieron las condiciones necesarias para que los alumnos y alumnas pudieran aprender.
- 3.-Las actividades propuestas en clase eran adecuadas y estaban bien organizadas para un aprendizaje gradual de la visualización.
- 4.-Se hacían puestas en común que ayudaban a orientar la resolución de las actividades, clarificar las soluciones, y a detectar deficiencias y errores de razonamiento o conceptuales.
- 5.-En el aula había un buen clima de trabajo y se fomentaba la participación.
- 6.-La forma de trabajo había sido previamente discutida con los alumnos.
- 7.-La realización de trabajos individuales en casa, y su corrección y valoración individualizada por parte del profesor, permite conocer la evolución del alumno y su grado de asimilación.
- 8.-El sistema de evaluación seguido es adecuado.

**Valoración global del apartado 2.**

Si consideras conveniente hacer algún comentario o valoración global sobre este apartado, hazlo aquí.

**Apartado 3.- Sobre tu grado de satisfacción global.**

- 1.- Las clases de visualización han conseguido atraer mi interés.
- 2.- Creo que debería haber menos horas de clase de esta materia.
- 3.- La utilización del sistema multimedia me ha motivado para seguir las clases con más interés.

**Valoración global del apartado 3.**

Si consideras conveniente hacer algún comentario o valoración global sobre este apartado, hazlo aquí.

6.3.2.2. Prueba en situación “cuasiciega” para valorar la actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de la asignatura de Expresión Gráfica.

Además de medir la actitud y la valoración que hacen los alumnos de la nueva propuesta (apartado anterior), se ha querido contrastar la influencia que su implementación ha tenido como consecuencia en la actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de toda la asignatura de Expresión Gráfica. Es evidente que una mejora en la enseñanza-aprendizaje de la visualización conducirá a una mejora global de la propia asignatura, es decir, que sus consecuencias se deberán ver reflejadas de alguna manera en otros indicadores de medida del proceso de enseñanza/aprendizaje, máxime cuando se ha seguido una metodología similar para el resto de la asignatura, así como en el planteamiento de las actividades a realizar. Por otro lado, el sistema multimedia también se ha desarrollado para su utilización en el resto de unidades didácticas del dibujo técnico. Se pretende así obtener información de una manera indirecta sobre la mejora en la actitud de los alumnos hacia la asignatura tras la implementación de la propuesta alternativa.

Para ello, se han contrastado varios indicadores de medida extraídos de la encuesta de valoración del profesorado que complimentan los alumnos y que es llevada a cabo por el ICE (Instituto de Ciencias de la Educación) comparándolos con la media del departamento.

Muestra:

CURSO	GRUPOS EXPERIMENTALES
00-01	I.T. Química Industrial (N=18)
01-02	I.T. Química Industrial (N=28)
TOTAL	N=46

Como grupo de control, se han tomado los datos correspondientes a los resultados del departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería, que corresponden a la media de 257 informes individuales de profesores durante los años 2000-2001, y 2001-2002.

De las 21 afirmaciones sobre las cuales se cuestiona a los alumnos pidiéndoles una valoración del 1 al 5, en función del grado de acuerdo o desacuerdo, se han seleccionado aquellas que tienen alguna relación directa o indirecta con los materiales utilizados, la metodología seguida, o el interés y la actitud de los alumnos hacia la asignatura.

La encuesta se realiza al final del período lectivo, durante la última o anteúltima semana de clase. Será pasado por una persona desconocida por los alumnos, sin la presencia del profesor de la asignatura. De este modo se favorece que los alumnos contesten libres de la influencia que pudiera ejercer la presencia de dicho profesor.

**Documento 7. Preguntas extraídas del cuestionario del ICE para la valoración en situación “cuasiciega”.**

CUESTIONARIO DE OPINIÓN DEL ALUMNADO SOBRE LA DOCENCIA DE SU PROFESORADO

Expresé su valoración según la siguiente escala:

- 1 = nada de acuerdo
- 2 = poco de acuerdo
- 3 = medianamente de acuerdo
- 4 = bastante de acuerdo
- 5 = totalmente de acuerdo

- Item 8. Intenta que el alumnado participe en las clases.
- Item 9. Dialoga con el alumnado sobre la marcha de la clase.
- Item 10. Tiene en cuenta la opinión del alumnado a la hora de decidir las cuestiones relacionadas con la marcha de la asignatura.

Item 11. Se esfuerza en que el alumnado se interese por la asignatura.
Item 12. Los materiales utilizados y/o recomendados (apuntes, libros,...) resultan de utilidad.
Item 13. Los ejemplos, prácticas, ejercicios, problemas...que plantea son adecuados en el contexto de la asignatura.
Item 14. El sistema de evaluación propuesto es adecuado.
Item 15. En general, pienso que es un buen profesor.
Item 16. Me siento satisfecho asistiendo a sus clases.
Item 17. He aprendido mucho cursando esta asignatura.

#### 6.4. DISEÑOS PARA MOSTRAR QUE LOS PROFESORES VALORAN POSITIVAMENTE LA NUEVA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE VISUALIZACIÓN.

Para la contrastación de la tercera consecuencia de la segunda hipótesis (C3), que afirma que los profesores que hayan reflexionado y/o debatido sobre la propuesta alternativa, y los profesores que, debidamente tutorizados, la hayan implementado en el aula, valorarán positivamente los contenidos, la metodología y los materiales didácticos desarrollados, se han elaborado dos diseños: el primero de ellos, relativo a la valoración que hacen de la nueva propuesta los profesores en activo, y la segunda, la valoración que hacen de la misma los profesores tutorizados que la hayan implementado en el aula.

##### 6.4.1 Diseño para mostrar que los profesores en activo valoran positivamente la nueva propuesta de enseñanza de visualización.

Uno de los objetivos de la nueva propuesta es transformar la enseñanza habitual de la visualización de piezas, adaptándola y reorientándola hacia la nueva propuesta, para lo cual, se hace imprescindible que en esta parte del trabajo se explore su viabilidad y las posibilidades de transformación del pensamiento docente habitual. Con este fin, se han presentado a 6 profesores del área en activo que imparten docencia de visualización (2 TU, y 4 TEU), los materiales elaborados y la metodología propuesta, para su reflexión individual, tras lo cual se les ha pedido que rellenen un cuestionario de valoración comparativa de la nueva propuesta respecto a la enseñanza habitual. A continuación, se ha realizado una entrevista personal con los mismos, para recoger comentarios, sugerencias, y propuestas de mejora sobre los diferentes aspectos abordados en el cuestionario.

**Documento 8. Cuestionario y entrevista para contrastar la opinión del profesorado respecto a la nueva propuesta.**

Mediante este cuestionario se pretende recoger la valoración del profesorado de la propuesta alternativa de enseñanza en la visualización de piezas que te ha sido presentada, y contrastarla con la enseñanza habitual, tanto en lo que se refiere a los contenidos trabajados, como a los materiales desarrollados, y la metodología didáctica seguida. Estamos realizando un trabajo para mejorar la enseñanza en la visualización de piezas, por lo que nos interesa mucho tu opinión justificada y te agradecemos que dediques parte de tu tiempo a contestar estas preguntas.

El cuestionario es individual y anónimo. Puntúa de 0 a 10 cada una de las afirmaciones según tu grado de acuerdo o desacuerdo con las mismas, empleando la siguiente escala:

- Totalmente de acuerdo: de 8 a 10
- De acuerdo: de 6 a 7
- Indiferente: 5
- En desacuerdo: de 3 a 4
- Totalmente en desacuerdo: de 0 a 2

Para cada afirmación se valorará en primer lugar la enseñanza habitual, y a continuación, la propuesta alternativa.

1.- Contenidos de la unidad didáctica de visualización y materiales de enseñanza.	Enseñanza habitual	Propuesta alternativa
1.1. Toma en consideración los conocimientos previos de los estudiantes.		
1.2. Tiene en cuenta las dificultades conceptuales y procedimentales de los estudiantes en la visualización de piezas.		
1.3. Propone un modelo guía de resolución de los problemas de visualización que incluye conocimientos conceptuales y procedimentales, utilizando diferentes métodos y estrategias de resolución.		
1.4. Desarrolla un programa de actividades coherente para el aprendizaje de la visualización, proponiendo una diversidad de situaciones que facilitan la asimilación de los conocimientos implicados en la visualización de piezas.		
1.5. Establece un hilo conductor de las distintas actividades flexible y adaptable a las necesidades de los alumnos, en función de las deficiencias y dificultades que éstos puedan presentar.		
1.6. Propone actividades que conllevan la utilización del ordenador y de las nuevas posibilidades de los sistemas multimedia como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización.		
1.7. Los materiales utilizados son adecuados para el aprendizaje de la visualización de piezas.		

2.- Metodología y estrategias de enseñanza.	Enseñanza habitual	Propuesta alternativa
2.1. El modelo de enseñanza seguido es coherente con las últimas aportaciones de la investigación didáctica.		
2.2. Sigue un sistema de evaluación procesual que permite conocer la evolución de los alumnos en la asimilación de los		

conocimientos, detectar sus deficiencias y proponer actividades correctoras.		
2.3. Tiene en cuenta los conocimientos previos de los alumnos y sus deficiencias y posibles dificultades de aprendizaje.		
2.4. Permite que los alumnos perciban que van progresando en la visualización de piezas y puedan reconocer sus propios errores y deficiencias iniciales.		
2.5. Permite generar en los alumnos actitudes positivas hacia el aprendizaje de la visualización de piezas.		

3.- Valoración general	Enseñanza habitual	Propuesta alternativa
Da una valoración global de la nueva propuesta, tomando en consideración todos los aspectos desarrollados en la misma, frente a los contenidos, materiales y estrategias didácticas de la enseñanza habitual.		

4.- Comentarios y sugerencias (entrevista personal)
Nos interesan por otro lado las posibles aportaciones que pudieras hacer sobre lo tratado en el cuestionario. Si tienes algo más que añadir o quieres realizar algún comentario o propuestas de mejora sobre los diferentes aspectos abordados en el mismo, hazlo a continuación.

6.4.2. Diseño para contrastar que los profesores debidamente tutorizados pueden implementar en sus clases el programa de actividades propuesto, y lo valoran positivamente.

El objetivo de este diseño es contrastar que la propuesta alternativa es extensible a otros profesores, que debidamente tutorizados, pueden implementarla en sus clases, mejorando los resultados logrados en el aprendizaje de sus alumnos. Estos profesores, por tanto, también valorarán la nueva propuesta, con la diferencia de que la han implementado en sus clases, y han experimentado y observado las dificultades y ventajas que se derivan en el proceso de enseñanza/aprendizaje. En este caso, nos interesan las reflexiones, comentarios y opiniones que estos profesores puedan realizar sobre la propuesta alternativa con conocimiento de causa, después de haberla puesto en práctica en el aula.

Para ello, se llevó a cabo un plan de trabajo consistente en realizar tutorías a dos profesores del área que impartirían la asignatura de Expresión Gráfica en primer curso

de las titulaciones de Ingeniero Técnico en Electrónica e Ingeniero Técnico en Electricidad.

En primer lugar se realizó una primera sesión de tutoría común con ambos profesores con el objetivo de realizar una puesta en común sobre la unidad didáctica de visualización, abordando aspectos tales como los objetivos del mismo, dificultades que presentan los estudiantes, contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización, metodología didáctica y sistema de evaluación.

A continuación, se ofreció a ambos profesores el material desarrollado en la propuesta alternativa para su lectura, reflexión y crítica. En la segunda sesión se abordó dicha propuesta, discutiéndose el hilo conductor del programa de actividades y clarificando aspectos del cuerpo teórico o procedimental del modelo de resolución de los problemas de visualización, así como aspectos relacionados con la metodología didáctica a seguir.

A partir de ahí se realizó un seguimiento flexible de la puesta en práctica del programa, tratando con los profesores las dificultades que se presentaban en el aula, y sus impresiones sobre el desarrollo de la clase y las incidencias surgidas.

Una vez concluida la puesta en práctica y corregida por el encargado de la investigación las encuestas de resultados obtenidas los alumnos, se ha tenido otra sesión con los profesores tutorizados para comentar dichos resultados, y realizar una valoración general cualitativa sobre el desarrollo de la unidad didáctica y la propuesta alternativa.

## **Capítulo 7.**

### **PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LA CONTRASTACION EXPERIMENTAL DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS.**

Al operativizar la segunda hipótesis en el capítulo anterior se derivaron varias consecuencias contrastables y se expusieron los diseños particulares elaborados para contrastarlas.

Parte de los diseños están centrados en el aprendizaje logrado por los estudiantes en la visualización de piezas, y establecen comparaciones entre grupos sometidos a diferentes tratamientos educativos (experimentales y de control). El apartado 7.1 muestra y analiza los resultados obtenidos en la resolución correcta de los problemas de visualización, mientras en el apartado 7.2 se muestra la mejora en los razonamientos y argumentos empleados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización. Por último, en el apartado 7.3, se analiza la mejora que la utilización del sistema multimedia produce en la capacidad espacial del estudiante.

Otros diseños se centran en mostrar que la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje de la visualización de piezas (apartado 7.4), y hacia el aprendizaje de la asignatura de Expresión Gráfica (apartado 7.5).

Por último, se muestran los resultados de los dos diseños elaborados para mostrar la valoración que de la nueva propuesta de enseñanza de visualización realizan los profesores en activo (apartado 7.6), y los profesores tutorizados que han implementado en sus clases el programa de actividades propuesto (apartado 7.7).

En aquellos casos en los que se han realizado comparaciones entre grupos de control y experimentales, sometidos a diferentes tratamientos educativos, se han utilizado los operadores estadísticos *t de Student* y  $\chi^2$ , para estimar el nivel de significación de las diferencias entre ambos grupos.

### 7.1. RESULTADOS QUE MUESTRAN LA MEJORA EN LA RESOLUCIÓN CORRECTA DE LOS PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN EN LOS GRUPOS EXPERIMENTALES.

En este apartado se analizarán las diferencias que existen entre los porcentajes de respuestas correctas de los grupos experimental y de control para las dos cuestiones planteadas en el Documento 4 del apartado 6.3.1.1.

El objetivo de esta prueba era determinar el porcentaje de alumnos que llegan a las soluciones correctas, sin presentar error alguno. Por tanto, el porcentaje de respuestas correctas sin errores será el indicador a contrastar entre los grupos de control y experimentales.

Se trata de determinar si existen diferencias significativas entre los resultados porcentuales de ambos grupos, porque desde un punto de vista estadístico, podría ocurrir que las eventuales diferencias que se observan entre uno y otro grupo se deban a fluctuaciones aleatorias y no al diferente tipo de enseñanza recibido.

Así pues, se formulará para cada ítem la hipótesis nula  $H_0$ ="los valores porcentuales observados son independientes del tipo de enseñanza recibido", y mediante un test con un nivel de significación del 5% se buscará rechazar  $H_0$ . Estadísticamente, este resultado no asegura que  $H_0$  sea realmente falsa, pero aporta la garantía probabilística de que en menos del 5% de las ocasiones en que  $H_0$  es cierta, el test indica que debe rechazarse.

La siguiente tabla muestra los porcentajes de respuestas correctas obtenidos por los grupos experimentales y de control en los dos ítems del Documento 4. También aparece en ellos el valor del estadígrafo obtenido de los citados porcentajes, y el valor P de la probabilidad de que una variable aleatoria  $\chi^2$  con un grado de libertad tome un valor mayor o igual que el estadígrafo.

	% de respuestas correctas		Estadígrafo $\chi^2$	P
	Grupo experimental (N=146)	Grupo de control (N=98)		
Item 1.	45,2 %	18,6 %	16,3	<<0,01
Item 2.	52,1 %	20,9 %	21,0	<<0,01

Si desglosamos los resultados globales de los grupos experimentales para analizarlos grupo por grupo, se obtienen los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Curso	Grupo experimental	Grupo de control	Estadígrafo	P
01-02	I.T.I.Química (N=28)	(N=98)	$\chi^2$	
Item 1.	42,9 %	18,6 %	13,9	<<0,01
Item 2.	39,3 %	20,9 %	8,0	<<0,01

Curso	Grupo experimental	Grupo de control	Estadígrafo	P
01-02	I.T.I.Electricidad (N=24)	(N=98)	$\chi^2$	
Item 1.	41,7 %	18,6 %	12,7	<<0,01
Item 2.	41,7 %	20,9 %	10,1	<<0,01

Curso	Grupo experimental	Grupo de control	Estadígrafo	P
02-03	I.T.I.Electricidad (N=13)	(N=98)	$\chi^2$	
Item 1.	46,2 %	18,6 %	17,4	<<0,01
Item 2.	69,2 %	20,9 %	47,1	<<0,01

Curso	Grupo experimental	Grupo de control	Estadígrafo	P
02-03	I.T.I.Electrónica (E)(N=42)	(N=98)	$\chi^2$	
Item 1.	52,4 %	18,6 %	24,9	<<0,01
Item 2.	66,7 %	20,9 %	42,6	<<0,01

Curso	Grupo experimental	Grupo de control	Estadígrafo	P
02-03	I.T.I.Electrónica (C)(N=39)	(N=98)	$\chi^2$	
Item 1.	41,0 %	18,6 %	12,0	<<0,01
Item 2.	46,2 %	20,9 %	14,4	<<0,01

Como se desprende del contraste estadístico entre los grupos de control y experimentales, en todos los casos los alumnos de los grupos experimentales llegan significativamente en mayor porcentaje a la *solución correcta final* de estos problemas, por lo que consideramos probado que el tipo de enseñanza recibido mediante la propuesta alternativa de enseñanza de visualización produce mejores resultados en el aprendizaje logrado por los alumnos que los modelos utilizados habitualmente.

## 7.2. RESULTADOS QUE MUESTRAN LA MEJORA EN LOS RAZONAMIENTOS Y ARGUMENTOS EMPLEADOS POR LOS ALUMNOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN.

En este apartado se muestran los resultados del análisis del proceso de resolución de los problemas de visualización de un grupo de alumnos elegidos al azar en el grupo experimental. Se recordará que en el apartado 4.2 se analizaron tres problemas de visualización resueltos por doce alumnos de un grupo de control, y se categorizaron sus respuestas según una línea de razonamiento o deficiencia encontrada en base a un protocolo de corrección (apartado 3.5.2).

Para mostrar la mejora en el proceso de resolución de problemas de visualización, se ha entrevistado a 6 alumnos del grupo experimental, a quienes se ha grabado el proceso de resolución de los tres mismos problemas (Documento 3 del apartado 3.5.1).

El objetivo de este análisis es mostrar la mejora en los razonamientos y argumentos empleados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización. Para ello se mostrarán a continuación ejemplos de razonamientos y argumentos que no aparecían en el análisis de los problemas resueltos por los alumnos del grupo de control (apartado 4.2), y que sí se daban entre los expertos (capítulo 1), o que se dan en una mayor proporción significativa respecto al grupo de control, al tratarse en este caso de realizar un análisis cualitativo del proceso de resolución y reflejar las mejoras observadas en el mismo. Los resultados, comentarios y observaciones se exponen seguidamente siguiendo el protocolo de corrección mostrado en el apartado 3.5.2, acompañados en algunos casos de fragmentos de las entrevistas como ejemplos aclaratorios.

### **A.- Análisis cualitativo.**

Como diferencia general en esta fase del proceso de resolución de los problemas, los expertos realizan siempre un análisis cualitativo del enunciado, antes de proceder a la resolución y trazado del problema. Los estudiantes del grupo de control, en cambio, tienden a iniciar inmediatamente el trazado de la pieza, situando por ejemplo los ejes y

dibujando el prisma envolvente, antes de realizar análisis cualitativo alguno, o valorar la conveniencia o no de trazar dicho prisma para el tipo de pieza propuesto en el enunciado.

Entre los seis alumnos entrevistados del grupo experimental, todos ellos realizan primero un análisis global del enunciado antes de proceder al trazado o resolución del problema.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Realiza un análisis cualitativo del enunciado antes de proceder a la resolución o trazado de la pieza” (Mikel).*

**Entrevistador (E):** Bueno, vete diciéndome todo lo que vas pensando y haciendo.

**Alumno (A):** Vale. Bueno, yo primero, siempre, miro globalmente el enunciado para ver por dónde va la pieza.

**(E):** ¿Qué quieres decir con eso? Es decir, ¿me podrías indicar en qué te fijas, por ejemplo?

**(A):** Pues que me fijo en las vistas del enunciado, pero mirándolas en general, sin tratar de concretar por ejemplo cada plano que tiene. Miro más bien el volumen que puede tener más o menos, me fijo en aquello que me llama la atención, no sé, es que para cada pieza puede ser distinto. Igual en una pieza hay una forma extraña y me fijo en eso, o tiene un saliente, o una pendiente... igual se puede dividir en partes independientes... no sé, depende...

**(E):** ¿Diríamos que haces primero un análisis cualitativo del enunciado?

**(A):** Sí, bueno, yo lo llamo “mirar globalmente”, pero recuerdo que tú en clase lo llamabas “análisis cualitativo”.

**(E):** Y eso lo haces siempre antes de empezar a dibujar la pieza.

**(A):** Sí, dependiendo de lo que vea, igual cambia la forma de dibujarla. A veces, dibujo el cubo de referencia, otras veces no...según. Es que yo no sigo siempre el mismo sistema. Lo cambio según creo que conviene.

### **A.1. Análisis de variables.**

Entre los alumnos del grupo experimental se observa que el análisis cualitativo realizado se hace en mayor profundidad que la realizada por los alumnos del grupo de control, centrando su atención prácticamente en todas las variables comentadas en el modelo de resolución propuesto en el apartado 1.3 (volumen, superficies, y vértices).

#### A.1.1. Análisis del volumen.

Todos los alumnos del grupo experimental analizan el volumen total ocupado por la pieza, valorando a continuación la mayoría de ellos (4 de 6) la conveniencia o no del trazado del prisma envolvente (prescinden de él para la pieza 2). Los otros dos alumnos trazan siempre el prisma envolvente, independientemente del tipo de pieza.

Todos los alumnos del grupo experimental recurren al análisis de sólidos en los casos en los que la pieza puede dividirse en primitivas geométricas para analizarlas independientemente (pieza 1).

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Valora la conveniencia de dibujar o no el prisma envolvente” (Ohiane).*

**Entrevistador (E):** He visto que en la pieza 1 has dibujado el prisma envolvente, y sin embargo, no lo has hecho en la pieza 2. ¿Es por alguna razón?

**Alumno (A):** Sí, verás, es que la pieza 1 tenía forma prismática, y había planos de la pieza que coinciden con los planos del prisma envolvente, así que dibujé el prisma para limitar la pieza y dibujar en sus caras el contorno de la pieza. Pero en la pieza 2, todos los planos son oblicuos, menos la base, y ninguna de las caras coincide con el prisma, así que estaría de sobra. Me interesa más en este caso situar bien los dos “picos” de la pieza.

**(E):** En general, ¿dibujas el prisma?

**(A):** Sí, casi siempre. Lo de la pieza 2 creo que me ha sucedido muy pocas veces. Pero esto del prisma lo hago más para dibujar que para deducir, ¿eh?

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Considera la pieza como composición de primitivos geométricos” (Irene) (pieza 1).*

**Alumno (A):** Primero, trato de ver en mi cabeza el volumen de la pieza, como hacías tú. En este caso, tiene una parte prismática, y luego, como una punta hacia fuera en la parte de arriba, el triángulo éste del alzado, la “rampa” ésta.

### A.1.2. Análisis de superficies.

Los estudiantes del grupo experimental analizan las proyecciones de las superficies, prestando atención en general a todas las variables con las cuales podemos encontrarnos, como la *forma*, la *configuración* de las aristas (paralelismo, perpendicularidad) o la *visibilidad* de las proyecciones, tratando de identificar con ello los *tipos de plano* presentes en la pieza y su posición.

Los estudiantes de los grupos de control, sin embargo se centraban en las *líneas inclinadas*, y en las *líneas ocultas*. Ningún alumno mencionaba en las entrevistas la característica del paralelismo entre aristas que se observa en la mayoría de las piezas, y la mayoría de ellos (7 de 12) no mencionan la forma de las superficies en ningún momento de la entrevista.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Analiza las superficies prestando atención a las variables de forma, configuración de las aristas, paralelismo, etc.” (Nagore).*

**Entrevistador (E):** Veo que estás intentando encontrar las proyecciones correspondientes a cada plano en las otras vistas. ¿En qué te fijas para encontrar la correspondencia?

**Alumno (A):** Pues, primero, que las proyecciones tienen que estar en la misma altura, o sea, en la misma posición relativa entre vistas, y luego, me fijo en el número de lados del contorno, y en la forma que tiene...si es cuadrada, triangular, si hay aristas paralelas...Quizás en lo que más me fijo es en el número de lados del contorno. Y luego, tengo que ver si es un plano paralelo, perpendicular, u oblicuo.

### A.1.3. Análisis de vértices.

Los estudiantes del grupo experimental recurren al análisis de vértices en general cuando éstos están definidos unívocamente, o cuando pueden servir de referencia para el trazado, es decir, no realizan un análisis de todos los vértices, sino que hay una selección cualitativa de los vértices que van a analizar. En esos casos se recurre al trazado de líneas auxiliares que unen los vértices de una vista a otra, o a la rotulación de los mismos. 5 de los 6 alumnos recurren al análisis de vértices de los dos puntos salientes de la pieza 2. En el resto de piezas, sólo un alumno rotula los dos puntos unívocos presentes en la pieza 1, recurriendo el resto más al análisis de superficies que de vértices.

La mayoría de los estudiantes del grupo de control realizaban el análisis de vértices (7 de 12), pero sin hacer en todos los casos una selección de los vértices que van a analizar. Algunos estudiantes (3 de 12) trazaban las líneas auxiliares para todos los vértices del enunciado, y recurrían a la rotulación en el análisis de cualquier tipo de plano.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Recurre al análisis de vértices, cuando éstos sobresalen” (Irene) (Pieza 2).*

**Entrevistador (E):** Resumiendo, primero te has fijado en el volumen exterior de la pieza, en la base cuadrada, y has hecho la correspondencia de las dos proyecciones visibles del alzado. Luego te has fijado en los dos puntos salientes situados en el alzado, y a continuación, has empezado a dibujar.

**Alumno (A):** Sí, primero la base, y en este caso, he colocado el punto más alto, y luego el siguiente.

**(E):** ¿Por qué te has fijado en esos dos puntos, y no, por ejemplo, en el resto de puntos? ¿O por qué no has hecho la correspondencia de puntos en la pieza anterior?

(A): Porque aquí hay un montón de planos, y la mayoría son oblicuos..., y claro, si coloco esos dos puntos, los planos oblicuos los saco fácil uniéndolos con los de la base.

(E): ¿Y qué diferencia a esos puntos del resto?

(A): Pues que están aparte..., o sea, no sé cómo decirlo..., que son salientes, como picos...Es que hay otros puntos que igual no sabes dónde están en la otra vista. Hay puntos que tienen más de un punto posible en las otras vistas. Estos en cambio están clarísimos.

## **A.2. Estrategias de análisis de la información.**

### A.2.1. Disgregación.

Todos los alumnos del grupo experimental disgregan la pieza en volúmenes o partes diferenciadas en el caso en los que la pieza puede dividirse en primitivas geométricas para analizarlas independientemente (pieza 1).

Entre los alumnos del grupo de control, la mayoría (8 de 12).

### A.2.2. Orden de análisis de las vistas.

Según el modelo de resolución propuesto en el capítulo 1, el análisis del enunciado debería comenzar en el alzado, ya que ésta pieza constituye la vista principal que da más información sobre la forma de la pieza. La secuencia seguida variaría en función de las características presentes en cada vista, aunque la tendencia que se observa en general entre los expertos consultados es la de alzado-perfil-planta.

Los estudiantes del grupo experimental comienzan siempre por el alzado (6 de 6), pasando a continuación a la vista perfil, y por último a la planta (5 de 6).

En el caso de los estudiantes del grupo de control, también la mayoría comienza por el alzado (10 de 12), y aproximadamente la mitad siguen la secuencia alzado-perfil-planta.

### A.2.3. Secuencia de análisis de los elementos de la pieza.

Los estudiantes del grupo experimental eligen la secuencia de análisis comenzando en general por el plano de mayor número de lados del contorno, observando su forma y

configuración para encontrar su proyección correspondiente en otra vista de manera sencilla, y siguiendo posteriormente por otros planos también de un número de lados del contorno elevado, o con planos contiguos al analizado (5 de 6), siguiendo el criterio propuesto en el modelo de resolución del capítulo 1.

En el caso de los estudiantes del grupo de control, éstos comenzaban el análisis por aquel elemento que “les llamaba la atención”, tratándose en general de una línea inclinada, o un plano oblicuo, para seguir con las proyecciones contiguas a la analizada.

Al elegir el plano de mayor número de lados, en general se encuentra fácilmente su correspondiente proyección en otra vista al tener que consistir ésta en una proyección con igual número de lados y configuración similar, o caso de no existir ésta, tener como correspondencia una arista por tratarse de un plano proyectante a la vista (sea paralelo o perpendicular a algún plano de proyección), mientras los estudiantes del grupo de control siguen una secuencia más arbitraria (“por aquello que le llama la atención”), que en general resulta ser más difícil de analizar y de trazar que la seguida por los alumnos del grupo de control.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Sigue una secuencia basada en analizar en primer lugar los planos de mayor número de lados en su contorno” (Arkaitz) (Piezal).*

**Entrevistador (E):** ¿Por qué has seguido ese orden de análisis de superficies? Has empezado por la proyección que está en el perfil, y has pasado luego a una proyección que está en la planta. ¿No me decías antes que empiezas por analizar primero la vista alzado?

**Alumno (A):** Sí, primero la vista alzado, pero en ese vistazo por encima al enunciado. Después del vistazo a todas las vistas, me fijo en las proyecciones que tienen mayor número de lados. Normalmente suele haber alguna en el alzado, pero esta vez no es así, así que he empezado por la que está en el perfil.

**(E):** ¿Y por qué te fijas en las que tienen mayor número de lados?

**(A):** Pero si eso era lo que nos decías tú.

**(E):** Ya, ya lo sé, y era uno de los posibles criterios, pero quiero comprobar que sabes por qué lo decía.

**(A):** Pues... porque... es que al tener muchos lados, ese plano tendrá el mismo número de lados en las otras vistas, a menos que se vea como una línea, y las podré encontrar rápidamente, y saber si se trata de un plano oblicuo, o uno paralelo o proyectante. Casi siempre suelen tener como proyección en la otra vista una línea. Estos planos se encuentran fácil. Hay otros que no sabes al principio con qué proyecciones se corresponden, así, de golpe.

**(E):** ¿Y si todas tuvieran un número igual de lados en el contorno?

**(A):** Pues...empezaría seguramente por alguna que esté en el alzado, yendo de abajo hacia arriba, normalmente voy de abajo hacia arriba, a menos que haya alguna que me llame la atención por alguna cosa.

A.2.4. Nivel de análisis o tipo de elemento analizado (volumen, superficie, recta o punto).

Los estudiantes del grupo experimental realizan el análisis prácticamente a todos los niveles, comenzando por el volumen, y siguiendo por las superficies, tratando de determinar los tipos de plano presentes en la pieza. En ocasiones, recurren al análisis de alguna recta en concreto, o de puntos del contorno de una superficie, pero más bien, como último paso del análisis del enunciado, y una vez realizados los anteriores (a excepción de un alumno, que resuelve la pieza 2 a nivel de rectas).

Entre los estudiantes del grupo de control, la tendencia general es la misma, pero se observa que hay una minoría (3 de 12), que no realizan análisis del enunciado a nivel de volumen, ni a nivel de superficies, tratando de determinar toda la pieza únicamente por análisis de aristas.

**B-Emisión de hipótesis.**

Para el análisis de la emisión de hipótesis de posibles tipos de plano presentes en una pieza, se propuso la pieza 3, que consiste en un problema abierto con más de una solución correcta.

Todos los alumnos del grupo experimental resolvieron este problema, planteando 5 de ellos para esta pieza al menos tres soluciones correctas, combinando distintas posibilidades mediante varios tipos de plano, y 1 únicamente una solución correcta.

En el grupo de control una minoría llegó a plantear las hipótesis correctas (4 de 12).

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Plantea posibilidades correctas al emitir hipótesis de tipos de plano que den lugar a las vistas del enunciado” (Mikel).*

**Alumno (A):** Bueno, estoy viendo que esta pieza es de las de tipo abierto como hicimos alguna vez en clase.

**Entrevistador (E):** Efectivamente.

**(A):** Así que tendrá un montón de soluciones.

**(E):** Efectivamente.

(A): Bueno. A ver...La parte de abajo del alzado sólo tiene una solución (señala las dos proyecciones a altura cero, y dibuja una solución para esa parte). En la parte de arriba están las combinaciones. ¿Qué hago? ¿Te las dibujo todas?

(E): Sí, las que se te ocurran. De todas maneras, si prefieres, en vez de dibujar cada solución entera, deja la parte unívoca de un color, y me vas diciendo las posibles combinaciones de la parte superior, y las dibujas de distintos colores uno encima de otro.

(A): Vale.

(dibuja 4 posibles soluciones)

(E): A la hora de plantearte las soluciones, ¿qué posibles tipos de plano de planteas?

(A): La mayoría de veces, primero me planteo un plano paralelo a los planos de proyección, luego planos en pendiente, o sea...proyectantes inclinados, y luego, circunferencias.

### **C-Estrategias de resolución.**

De las distintas estrategias de resolución contempladas en el modelo de resolución expuesto en el capítulo 1, los estudiantes del grupo experimental utilizan para la resolución de los tres problemas el método de correspondencia de proyecciones entre vistas. La composición de sólidos se utiliza parcialmente en la pieza 1, que puede descomponerse en primitivas geométricas, y al que recurren los seis estudiantes. Ni el método de eliminación de volúmenes, ni el método de Eckhart es utilizado por ninguno de ellos, y el método de ensayo y error mediante emisión de hipótesis de posibles tipos de plano sólo lo utilizan en la pieza 3, al tratarse de un problema abierto.

Entre los estudiantes del grupo de control, uno de ellos utilizó el método de eliminación de volúmenes, y 4 no recurrieron a la composición de sólidos en la pieza en la que podía haber sido utilizada. Un alumno trató de resolver todos los problemas por el método de Eckhart como primera tentativa, y al no conseguirlo, acabó utilizando el de correspondencia, y otro recurrió al método de ensayo y error en un problema cerrado, es decir, cuando no es necesario utilizarlo.

Los alumnos del grupo experimental prácticamente no cometen errores a la hora de resolver el problema mediante la correspondencia de proyecciones entre vistas (1 de ellos comente durante el proceso de resolución el error clasificado como “define dos proyecciones correspondientes a dos planos distintos, como un plano geoméricamente imposible, pero lo corrige posteriormente). No se dan errores como el de no respetar la condición de posición o dimensiones, o de igualdad del número de lados de las proyecciones de un mismo plano, ni el definir dos proyecciones correspondientes a dos

planos distintos, como un mismo plano. Sin embargo, esos errores aparecen entre los estudiantes del grupo de control con relativa frecuencia (9 de los 12 alumnos cometen algún error en la resolución de los problemas planteados).

#### **D.-Resolución.**

##### D1. RESOLUCIÓN CORRECTA O INCORRECTA.

Los estudiantes del grupo experimental resuelven correctamente todos los problemas planteados, mientras que entre los estudiantes del grupo de control aumenta el número de alumnos que no resuelve el problema a medida que aumenta el nivel de dificultad (4 en la pieza 1, 5 en la pieza 2, y 6 en la pieza 3).

##### D.2. ESTRATEGIAS DE TRAZADO.

En cuanto al proceso de trazado seguido, los estudiantes del grupo experimental valoran la conveniencia de utilizar o prescindir de elementos de ayuda para la delineación, como el prisma envolvente, o la utilización de puntos de referencia, dependiendo de las características de la pieza (5 de los 6 alumnos recurren por ejemplo al trazado del prisma envolvente para el primer problema planteado ya que tiene cierta forma prismática, y prescinden de él para la segunda pieza, utilizando en este caso los vértices salientes como puntos de referencia para el trazado de los planos oblicuos). Los estudiantes del grupo de control tienden en cambio a seguir siempre la misma estrategia de trazado, que consiste en dibujar siempre el prisma envolvente (o no dibujarlo nunca), sin realizar valoración alguna.

Ningún alumno del grupo experimental utiliza el método de Eckhart para el trazado de las piezas, método al que sí recurre uno de los alumnos del grupo de control.

Algunos estudiantes del grupo de control trasladan incorrectamente las dimensiones de las vistas a la perspectiva, deficiencia que no se da entre los alumnos del grupo experimental.

En cuanto a la secuencia de trazado seguida, la mayoría de los estudiantes del grupo de control siguen la misma secuencia que la seguida para el análisis del enunciado (8 de 11) y van dibujando según van definiendo la pieza, mientras que los alumnos del grupo experimental trazan la pieza en general una vez que ya ha sido prácticamente definida, eligiendo una secuencia de trazado que sea más sencilla para las características de la pieza que se han determinado. En este sentido, la mayoría de ellos (4 de 6), y una minoría de los del grupo de control (3 de 12), siguen una secuencia de trazado de dificultad creciente en cuanto al tipo de plano, comenzando por los planos paralelos a los de proyección, seguidos de los proyectantes, para acabar con los oblicuos.

*Ejemplo de respuesta clasificado en la categoría “Sigue una secuencia de trazado de dificultad creciente en cuanto al tipo de plano” (Oihane).*

**Entrevistador (E):** A la hora de dibujar la pieza, ¿sigues algún orden o secuencia?

**Alumno (A):** Sí. En principio, dibujo primero los planos que están situados en las caras de prisma envolvente, y luego sigo por planos que están al lado de alguno de los dibujados, pero si resulta que es oblicuo, lo dejo para el final y cojo otro que sea paralelo o inclinado (proyectante) a los planos de proyección. Los oblicuos siempre los últimos.

**(E):** ¿Por qué?

**(A):** Porque son raros, son los más difíciles de dibujar por las inclinaciones que tienen. Es que no son paralelos a nada, y para dibujarlos, o colocas muy bien cada punto del contorno, o te sale una chapuza. A veces, dibujas el resto de planos menos los oblicuos, y resulta que al hacerlo ya has dibujado también el oblicuo. A mí los oblicuos me dan mal rollo.

**(E):** ¿Y cuándo empiezas a dibujar, después de haber analizado toda la pieza, o según vas definiendo cada plano?

**(A):** Ummm..., yo diría que después de haber visto más o menos la pieza. Primero prefiero hacerme una idea de por dónde va, qué tipos de plano hay, si hay mucho oblicuo o no... Normalmente no suele haber mucho oblicuo, y como te he dicho, después de ver más o menos la pieza, empiezo dibujando los planos que son paralelos a las caras de prisma, que están en las caras del prisma, y luego, el resto.

### **E-Análisis de resultados.**

El análisis de resultados mediante comprobación continua de que lo trazado en la perspectiva da lugar a las proyecciones del enunciado, es un recurso que utilizan en general todos los alumnos, ya sean del grupo de control o del experimental. La diferencia estriba en que los alumnos del grupo de control no detectan en ocasiones errores en la solución propuesta, y la dan por válida, siendo ésta incorrecta, mientras que ese caso no se da entre los alumnos del grupo experimental, que en todos los casos corrigen los errores que cometen durante el proceso de resolución.

Por tanto, como conclusión general de los resultados mostrados en este apartado 7.2, en el que se analizan los razonamientos y argumentos utilizados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización, desde un punto de vista cualitativo se observa una mejora sustancial en los mismos, en comparación con los realizados por los alumnos del grupo de control, siendo las respuestas de los alumnos mejor fundamentadas y explicadas que anteriormente, encontrándose coincidencias importantes con los razonamientos y argumentos utilizados por los expertos que aparecen reflejados en el modelo de resolución propuesto en el capítulo 1. Dicho de otra manera, se observa una mayor eficacia por parte de los alumnos a la hora de resolver los problemas, realizando éstos un análisis en mayor profundidad del enunciado, siguiendo una estructura de resolución muy cercana a la propuesta en el modelo alternativo, y aproximándose a la forma de resolver de los expertos. Se observa así mismo una disminución importante de errores durante el proceso de resolución, y deficiencias que se daban entre los alumnos del grupo de control desaparecen o disminuyen drásticamente en los alumnos del grupo experimental.

### 7.3. RESULTADOS QUE NO APOYAN LA MEJORA QUE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA MULTIMEDIA PRODUCE EN LA CAPACIDAD ESPACIAL DEL ESTUDIANTE.

Para contrastar la posible mejora que la utilización del sistema multimedia basado en tecnología VRML produce en la capacidad espacial de los alumnos, se han comparado los resultados obtenidos en el test SR-DAT que mide dicha capacidad. Tanto en el grupo de control como en el experimental se siguió exactamente la misma programación, contenidos y metodología, siendo la única diferencia entre ellos la utilización del sistema multimedia. En todos los grupos de alumnos la docencia fue impartida por el profesor-investigador de este trabajo.

Para la contrastación se realizó una primera prueba el primer día de clase, pasando a los alumnos de los grupos de control y experimentales la prueba SR-DAT de aptitudes diferenciales. El último día de clase se repitió el test en ambos grupos para comparar la mejora obtenida en esa destreza general.

En este caso se formula la hipótesis  $H_0$  = "las diferencias observadas en los resultados obtenidos en la capacidad espacial de los alumnos son independientes de la utilización del sistema multimedia".

La siguiente tabla muestra el porcentaje de respuestas correctas a los 60 ítems del cuestionario SR-DAT, que mide la capacidad espacial de los alumnos al inicio y al final del curso, tanto en los grupos experimentales como en los de control, el valor del estadígrafo  $\chi^2$ , y si la probabilidad es menor o mayor que el nivel de significación.

	Grupo Experimental (N=39)	Grupo de control (N=25)	Estadígrafo $\chi^2$	Probabilidad
SR Inicial	68,55 %	71,87 %	0,26	>>0,05
SR Final	82,3 %	83,97 %	0,1	>>0,05

Del contraste en el test inicial se deduce que las diferencias entre los dos grupos (experimental y de control) no son significativas, es decir que la capacidad espacial previa a la experimentación del tipo de enseñanza es similar para los dos grupos de contraste. Tras impartir el tratamiento diferenciado mediante la utilización o no del sistema multimedia a los dos grupos, las diferencias tampoco son significativas, por lo que no puede rechazarse  $H_0$ . Es decir, no podemos concluir que la utilización del sistema multimedia produzca una mejora significativa en la capacidad espacial de los estudiantes de los grupos experimentales en comparación con los grupos de control.

Como se puede comprobar en la tabla, se observa una mejora en la capacidad espacial del estudiante antes y después de haber cursado la asignatura tanto en el grupo experimental como en el de control. Esta mejora puede ser debida a los distintos aspectos del tipo de enseñanza recibida (programación, contenidos, metodología, etc.), y no es posible determinar cuál de ellos incide especialmente en esa mejora. Siendo la única diferencia entre los dos grupos de contraste la utilización o no del sistema multimedia desarrollado, a la vista de los resultados, no parece que este aspecto contribuya por sí solo a una mejora significativa de la capacidad espacial del estudiante, hipótesis que pretendía ser validada en un principio.

#### 7.4. RESULTADOS QUE MUESTRAN QUE LA NUEVA PROPUESTA CONTRIBUYE A GENERAR ACTITUDES POSITIVAS DE LOS ALUMNOS HACIA EL APRENDIZAJE DE LA VISUALIZACIÓN.

Seguidamente presentamos los resultados obtenidos en el cuestionario acerca de la influencia de la nueva propuesta en las actitudes de los alumnos hacia el aprendizaje de la visualización, en el que se pide su valoración sobre los contenidos trabajados y los materiales utilizados, la metodología de enseñanza, y su grado de satisfacción global.

La siguiente tabla recoge los resultados obtenidos para cada una de las partes de que constaba el cuestionario (Documento 6, apartado 6.3.2.1).

Aspecto estudiado (N=65)	Media	Desviación
<b>APARTADO 1.- SOBRE LOS CONTENIDOS TRABAJADOS Y LOS MATERIALES UTILIZADOS.</b>		
1.-La cantidad de contenidos ha sido adecuada.	6,8	1,1
2.-Los contenidos eran adecuados, en cuanto a dificultad, para mi nivel de conocimientos.	6,7	1,7
3.-El modelo de resolución de problemas de visualización trabajado sirve de guía para iniciarse en la resolución de los mismos.	7,6	1,4
4.-La utilización del ordenador y del sistema multimedia como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización es necesario y sirve de ayuda para comprender mejor las piezas.	8,2	1,6
5.-Los materiales que ha facilitado el profesor son de calidad.	7,8	1,2
<b>VALORACIÓN GLOBAL DEL APARTADO 1. (Contenidos y materiales)</b>	<b>7,4</b>	<b>1,1</b>
<b>APARTADO 2.- METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA.</b>		
1.-El método de enseñanza fue adecuado a los contenidos.	7,4	1,1
2.-En clase se dieron las condiciones necesarias para que los alumnos y alumnas pudieran aprender.	7,5	1,3
3.-Las actividades propuestas en clase eran adecuadas y estaban bien organizadas para un aprendizaje gradual de la visualización.	7,5	1,3
4.-Se hacían puestas en común que ayudaban a orientar la resolución de las actividades, clarificar las soluciones, y a detectar deficiencias y errores de razonamiento o conceptuales.	7,7	1,3
5.-En el aula había un buen clima de trabajo y se fomentaba la participación.	8,1	1,1
6.-La forma de trabajo había sido previamente discutida con los alumnos.	7,6	1,7
7.-La realización de trabajos individuales en casa, y su corrección y valoración individualizada por parte del profesor, permite conocer la evolución del alumno y su grado de asimilación.	7,7	1,3
8.-El sistema de evaluación seguido es adecuado.	8,3	1,3

VALORACIÓN GLOBAL DEL APARTADO 2 (Metodología de enseñanza)	7,8	1
APARTADO 3.- SOBRE TU GRADO DE SATISFACCIÓN GLOBAL		
1.- Las clases de visualización han conseguido atraer mi interés	7,1	2
2.- Creo que debería haber menos horas de clase de esta materia	4,1	2,6
3.- La utilización del sistema multimedia me ha motivado para seguir las clases con más interés	6,4	1,8
VALORACIÓN GLOBAL DEL APARTADO 3 (Grado de satisfacción global)	6,8	1,8

Teniendo en cuenta que el nivel 5 sería neutro, los alumnos de los grupos experimentales muestran una actitud positiva hacia los contenidos trabajados y los materiales utilizados, la metodología de enseñanza, y su grado de satisfacción global. Así, en el apartado sobre contenidos trabajados y materiales utilizados se obtienen puntuaciones medias entre 6,7 y 8,2 (media global de 7,4). En el apartado sobre la metodología seguida se obtienen puntuaciones medias entre 7,4 y 8,1 (media global de 7,8). Y por último, en el grado de satisfacción global, puntuaciones medias entre 4,1 y 7,1 (media global de 6,8).

En particular, destacan positivamente aspectos como la utilización del ordenador y del sistema multimedia como herramienta didáctica para la enseñanza de la visualización (ítem 1.4, media 8,2), el clima de trabajo y la participación (ítem 2.5, media 8,1), y el sistema de evaluación (ítem 2.8, media 8,3).

Como comentarios particulares, destacar que sobre los dos ítems en los que se cuestiona al alumno sobre el sistema multimedia (ítem 1.4 y 3.3), el alumno considera necesaria su utilización para comprender mejor las piezas (media 8,2), pero no valora tanto su utilización como un elemento motivador para seguir las clase con más interés (media 6,4, siendo ésta la segunda puntuación más baja de todas).

La metodología de enseñanza obtiene puntuaciones altas en todos los ítems, obteniendo como valoración global una puntuación media de 7,8.

En el apartado sobre el grado de satisfacción global, destaca el ítem en el que se afirma que debería haber menos horas de clase en esta materia (media de 4,1 y la mayor

desviación de todos los ítems), estando los alumnos en este sentido claramente en contra de dicha afirmación. Con este ítem está relacionado el 1.1 (la cantidad de contenidos ha sido adecuada), en la que se obtiene una media de 6,8, que, aún siendo positiva, es al mismo tiempo, es una de las puntuaciones más bajas de todos los ítems (la cuarta más baja). Es decir, los estudiantes dan a entender que para el aprendizaje de la visualización es necesario disponer de más horas de clase, y realizar más problemas, aunque la cantidad de contenidos trabajados sería adecuada.

Se muestran a continuación algunos de los comentarios de los alumnos sobre los distintos aspectos tratados:

#### SOBRE LOS CONTENIDOS TRABAJADOS Y LOS MATERIALES UTILIZADOS

- *Habría que hacer más ejercicios y hace falta más tiempo.*
- *A mí lo que trabajamos en el modelo de resolución me sirvió de mucho. Yo empecé de cero, o sea, no sabía nada, no había dado dibujo, y entonces, es que no sabía ni siquiera por dónde empezar. Me sirvió en un principio para poder saber cómo empezar, para tener una orientación.*
- *Lo del modelo de resolución ayuda sobre todo cuando la pieza es difícil. Me acuerdo de una pieza que explicaste siguiendo los procedimientos del modelo, y yo lo había visto sin seguirlos. Pero igual porque era fácil. Cuando es difícil, sí que ayuda. Hace falta dar una guía. Igual los que sabían dibujo de antes, no lo necesiten tanto, no sé. A mí me vino bien.*
- *Yo tenía visto dibujo antes de venir aquí, así que ya conocía los procedimientos del modelo de resolución más o menos, pero ha habido algunos que no, como lo de fijarte en las formas de las proyecciones, así que más que para iniciarme en la resolución me ha servido para reforzar lo que ya sabía y ver alguna cosa nueva para mí.*
- *En algunos casos es mejor dibujar las piezas en la pizarra que enseñarlas por ordenador. A veces tenemos problemas para dibujar la pieza en perspectiva aunque la hayamos entendido, y viene bien que veamos cómo lo haces tú (al menos en mi caso).*
- *Estoy de acuerdo con la forma en que se ha utilizado el sistema multimedia, porque nos ayuda a relacionar mejor las imágenes con la realidad.*
- *Me ha resultado de gran ayuda utilizar el multimedia en clase. Las piezas virtuales me han ayudado a comprender si los problemas que he hecho estaban bien.*
- *Yo al principio no veía, y entonces trataba de entender viendo la solución con el multimedia. A mí me ha ayudado.*
- *El multimedia sirve para ver las perspectivas, y también los conjuntos, pudiendo verlos desde otros puntos de vista, girándolos virtualmente. Se entiende mejor.*
- *El multimedia está bien para ver si tienes bien o mal un resultado y entenderlo mejor, pero no para deducirlo.*

## METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

- *Si yo que no sabía nada al principio, he podido seguir la asignatura, la metodología que se ha seguido es buena.*
- *Creo que el ritmo que se ha seguido en la clase ha sido adecuado. En general, pienso que la clase ha estado muy bien organizada.*
- *El que nosotros resolvamos los problemas en la pizarra me parece un sistema muy bueno. Por tanto, recomiendo que se siga con esta manera de dar la clase. Además, al mismo tiempo, se puede ver si estamos asimilando bien la clase.*
- *Tú eras consciente de que mucha gente no sabía nada, y entonces, fuiste paso a paso. Otros profesores vienen, dan lo que dicen que tienen que dar, y se van. Y muchos de nosotros tendríamos que haberlo dejado de hacer eso. Al principio, hablando entre nosotros decíamos: esto no se puede sacar sin ir a una academia.*
- *Gracias a los controles, veía que iba mejorando. También con los ejercicios que se mandaban a casa.*
- *Hacer las láminas semanalmente, y la evaluación continua también ayuda mucho para llevar la asignatura al día.*
- *Me ha gustado mucho el sistema de evaluación.*

## SOBRE TU GRADO DE SATISFACCIÓN GLOBAL

- *Creo que son necesarias más horas de clase en esta materia y en toda la asignatura. Cuatro horas a la semana no es suficiente. Las cosas que se quieren enseñar en un solo cuatrimestre son demasiadas. Habría que hacer más perspectivas, más acotación, y más conjuntos.*
- *Creo que la asignatura debería convertirse en anual. Hay demasiado poco tiempo. Y tal vez podría darse un curso de verano sobre dibujo antes de comenzar la carrera.*
- *Yo creo que el tiempo que se dedica al diédrico es demasiado. Creo que está casi de sobra. Hay poco tiempo para verlo todo. El diédrico se puede memorizar más o menos, aunque no veas gran cosa, pero lo difícil en dibujo es ver. El diédrico era más o menos seguir unos pasos, aunque no vieras lo que hacías. Pero en dibujo técnico, si no ves...Habría que dedicar menos tiempo al diédrico (o quitarlo), y mucho más a la visualización y el resto del dibujo técnico.*
- *Yo he estado motivada en todas las asignaturas. Yo lo llevaba todo al día. He venido motivada por mí misma. Más que para motivar, yo creo que lo del multimedia, los procedimientos, y el sistema de evaluación, son cosas que hay que hacer para aprender mejor.*
- *Al principio me resultó muy desesperante. Yo nunca había dado dibujo, y me daban ganas de llorar y todo. Al principio, sentía como frustración, o algo así. No veía nada. Algunos empezaron a decir que dejarían la asignatura, y dejaron de venir a clase. Tuve la tentación de hacer lo mismo. Me empezó a gustar la asignatura cuando empezamos a ver vistas, y deducir cómo era el sólido. Al principio no era capaz, y ya cuando conseguí que me saliera uno, me animé.*
- *El mayor miedo lo tenía al principio. Yo partía de cero y me resultaba muy difícil. Veía una gran diferencia con respecto a los que ya habían visto dibujo antes. Así que, al principio, sentí miedo, y luego, poco a poco, fui cogiendo seguridad. Sobre todo, después de hacer el primer control, que me salió bien, me sirvió para perder ese miedo y para seguir la asignatura más motivada. Quizás lo que más me sirvió para motivarme fueran las evaluaciones. Así puedes ver si vas bien o mal, si tienes que aprender más o no.*

En resumen, los alumnos que han seguido la propuesta alternativa en los grupos experimentales se muestran satisfechos con los contenidos trabajados y los materiales utilizados, valoran muy positivamente la metodología de enseñanza seguida, y han seguido las clases de visualización con interés. Por otro lado, los alumnos consideran necesario dedicar más tiempo de clase a esta materia.

#### 7.5. RESULTADOS QUE MUESTRAN QUE LA NUEVA PROPUESTA CONTRIBUYE A GENERAR ACTITUDES POSITIVAS DE LOS ALUMNOS HACIA EL APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE EXPRESIÓN GRÁFICA.

En este apartado se muestra la influencia que la implementación de la propuesta alternativa ha tenido como consecuencia en la actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de toda la asignatura de Expresión Gráfica.

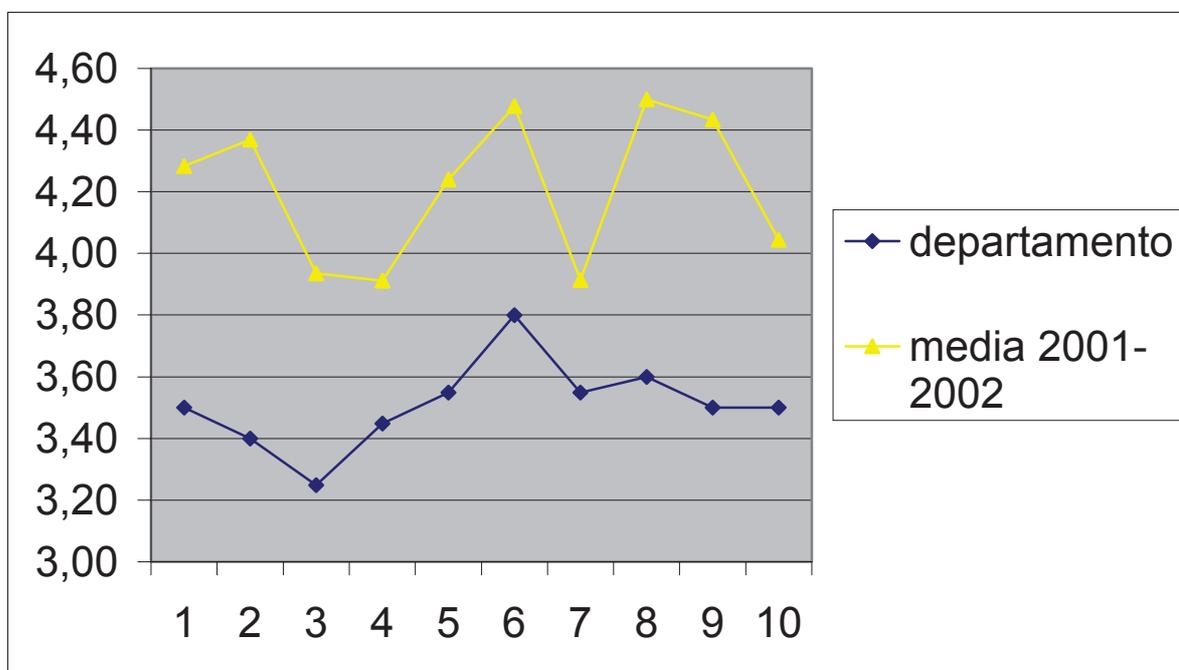
Los resultados obtenidos en los distintos ítems elaborados por el ICE se ofrecen en la siguiente tabla, junto con la media obtenida en los informes individuales de los profesores del departamento para la comparación, el valor del estadístico *t de Student*, y el nivel de significación del contraste. Al tratarse de una información confidencial sólo se dispone de los datos individuales del profesor investigador de este trabajo obtenidos en los grupos experimentales durante los años 2000-2001 y 2001-2002, y del informe público de la media del departamento relativo a los mismos años.

- Item 8. Intenta que el alumnado participe en las clases.
- Item 9. Dialoga con el alumnado sobre la marcha de la clase.
- Item 10. Tiene en cuenta la opinión del alumnado a la hora de decidir las cuestiones relacionadas con la marcha de la asignatura.
- Item 11. Se esfuerza en que el alumnado se interese por la asignatura.
- Item 12. Los materiales utilizados y/o recomendados (apuntes, libros,...) resultan de utilidad.
- Item 13. Los ejemplos, prácticas, ejercicios, problemas...que plantea son adecuados en el contexto de la asignatura.
- Item 14. El sistema de evaluación propuesto es adecuado.
- Item 15. En general, pienso que es un buen profesor.
- Item 16. Me siento satisfecho asistiendo a sus clases.
- Item 17. He aprendido mucho cursando esta asignatura.

	Media en el grupo experimental (N=46)	Media del departamento (257 informes)	Estadístico t de Student	Nivel de significación
Item 8.	4,3	3,5	7,8	<<0,01
Item 9.	4,4	3,4	10,91	<<0,01
Item 10.	3,9	3,25	4,82	<<0,01
Item 11.	3,9	3,45	4,16	<<0,01
Item 12.	4,2	3,55	5,42	<<0,01
Item 13.	4,5	3,8	7,07	<<0,01
Item 14.	3,9	3,55	2,29	<<0,05
Item 15.	4,5	3,6	10,52	<<0,01
Item 16.	4,4	3,5	10,34	<<0,01
Item 17.	4	3,5	4,73	<<0,01

Como puede observarse en los resultados, a excepción del ítem 14 en el que el nivel de significación es menor al 5%, en el resto de ítems este nivel es inferior al 1%. Por lo tanto, se concluye que la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje de la asignatura, siendo los resultados obtenidos significativamente mejores que la media de referencia del departamento.

Se ofrece en el siguiente gráfico la comparación gráfica de cada uno de los ítems.



## 7.6. RESULTADOS QUE MUESTRAN QUE LOS PROFESORES EN ACTIVO VALORAN POSITIVAMENTE LA NUEVA PROPUESTA DE ENSEÑANZA DE VISUALIZACIÓN.

Para contrastar esta consecuencia se pidió a seis profesores en activo que imparten docencia de visualización en primer curso de ingenierías industriales, que cumplimentaran el cuestionario mostrado en el apartado 6.4.1, donde se solicita una valoración de los contenidos de la unidad didáctica de visualización y materiales de enseñanza que se utilizan, la metodología y estrategias de enseñanza, y una valoración general, tanto de la enseñanza habitual, como de la propuesta alternativa. A continuación, la tabla recoge los resultados obtenidos de esta valoración (media y desviación típica).

1.- Contenidos de la unidad didáctica de visualización y materiales de enseñanza (libros de texto, apuntes,...).	Enseñanza habitual	Propuesta alternativa
1.1. Toma en consideración los conocimientos previos de los estudiantes.	5,5 (1,9)	7,5 (0,9)
1.2. Tiene en cuenta las dificultades conceptuales y procedimentales de los estudiantes en la visualización de piezas.	5,1 (1,9)	7,9 (0,8)
1.3. Propone un modelo guía de resolución de los problemas de visualización que incluye conocimientos conceptuales y procedimentales, utilizando diferentes métodos y estrategias de resolución.	3,5 (1,7)	8,8 (0,7)
1.4. Desarrolla un programa de actividades coherente para el aprendizaje de la visualización, proponiendo una diversidad de situaciones que facilitan la asimilación de los conocimientos implicados en la visualización de piezas.	5,8 (1,1)	9,3 (0,4)
1.5. Establece un hilo conductor de las distintas actividades flexible y adaptable a las necesidades de los alumnos, en función de las deficiencias y dificultades que éstos puedan presentar.	5,3 (1,8)	8,3 (1,2)
1.6. Propone actividades que conllevan la utilización del ordenador y de las nuevas posibilidades de los sistemas multimedia como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización.	2,3 (1,9)	8,5 (1,2)
1.7. Los materiales utilizados son adecuados para el aprendizaje de la visualización de piezas.	6,3 (1,3)	8,5 (0,7)
2.- Metodología y estrategias de enseñanza.	Enseñanza habitual	Propuesta alternativa
2.1. El modelo de enseñanza seguido es coherente con las últimas aportaciones de la investigación didáctica.	4,3 (2,3)	9 (0)
2.2. Sigue un sistema de evaluación procesual que permite conocer la evolución de los alumnos en la asimilación de los conocimientos, detectar sus deficiencias y proponer actividades correctoras.	5,3 (1,1)	8,3 (0,4)
2.3. Tiene en cuenta los conocimientos previos de los alumnos y sus deficiencias y posibles dificultades de aprendizaje.	4,9 (1,7)	7,9 (0,7)
2.4. Permite que los alumnos perciban que van progresando en la		

visualización de piezas y puedan reconocer sus propios errores y deficiencias iniciales.	5,3 (1,8)	8,5 (0,9)
2.5. Permite generar en los alumnos actitudes positivas hacia el aprendizaje de la visualización de piezas.	4,3 (0,8)	8,3 (0,4)
3.- Valoración general	Enseñanza habitual	Propuesta alternativa
Da una valoración global de la nueva propuesta, tomando en consideración todos los aspectos desarrollados en la misma, frente a los contenidos, materiales y estrategias didácticas de la enseñanza habitual.	5,3 (1,5)	9 (0,6)

Además de la valoración numérica mostrada en la tabla anterior se ha solicitado a los profesores que realizaran comentarios generales o sugerencias para la mejora de la propuesta alternativa sobre cualquiera de los aspectos abordados en el cuestionario. Se exponen a continuación dichas aportaciones:

“Me ha gustado mucho la propuesta que haces para seguir una secuencia de análisis de las vistas, pasando del alzado al perfil, y luego a la planta. Yo antes hacía alzado-planta-perfil, y me parece mejor la otra. He cambiado la secuencia, y noto que me ayuda, no sólo a los alumnos, sino a mí misma.”

“De los métodos que propones para resolver los problemas de visualización el que más me gusta es el método de correspondencia entre vistas mediante análisis de superficies. Los otros métodos los veo más limitados ya que no se pueden utilizar en todas las piezas. Creo que deberíamos centrarnos en ese método en la enseñanza.”

“Sería idóneo que desarrollaras el programa de actividades estructurando más los comentarios que haces, indicando por ejemplo los objetivos, y los conocimientos necesarios para realizar la actividad y si han tenido que ser impartidas antes de la misma, o al plantearla. También podría servir mucho de ayuda que desarrollaras más el camino o los distintos caminos que se pueden seguir en las actividades según las deficiencias que se detectan en los alumnos.”

“De los ejercicios propuestos en el programa de actividades me ha gustado la actividad en la que planteas la proyección en perspectiva de un plano, y preguntas por los tipos de plano que pueden dar lugar al mismo. Me parece fundamental ese planteamiento. Yo siempre lo estoy haciendo en dos dimensiones al dar el alfabeto del punto, recta, y plano, y creo que el alumno no ve a veces la relación entre los tipos de plano y la visualización. Cuando comienzas la visualización es muy buena idea volver a recordar los tipos de plano, pero no en diédrico, sino como planteas tú en isométrico. Sirve para recordar las características de los tipos de plano en sus proyecciones diédricas, pero visualizándolas en isométrico. Creo que hay gente que pierde la relación que tienen los tipos de plano en la visualización. Yo no lo hacía así. Los tipos de plano aparecen al resolver problemas de piezas, pero no como en esa actividad. Me parece muy acertada.”

“Propondría un desarrollo esquemático y sistemático de los comentarios que se hacen en cada ejercicio del programa de actividades, que lleve a una presentación de un documento que contenga la propuesta alternativa solamente, sin las justificaciones propias de la tesis.”

“Enhorabuena, pues creo que se presenta una alternativa que aprovecha, sistematiza y ordena el modelo de enseñanza anterior, puliendo y mejorando además las deficiencias que presentaba el mismo.”

De acuerdo con los comentarios realizados por los profesores y los datos mostrados en la tabla anterior se puede concluir que los profesores valoran muy positivamente la nueva propuesta de enseñanza de la visualización frente a la enseñanza habitual, tanto los contenidos abordados en la unidad didáctica de visualización y los materiales de enseñanza desarrollados, como la metodología y estrategias de enseñanza propuestas para su aprendizaje.

#### 7.7. RESULTADOS QUE MUESTRAN QUE LOS PROFESORES DEBIDAMENTE TUTORIZADOS PUEDEN IMPLEMENTAR EN SUS CLASES EL PROGRAMA DE ACTIVIDADES PROPUESTO, Y LO VALORAN POSITIVAMENTE.

El objetivo de este apartado es mostrar que la propuesta alternativa es extensible a otros profesores, que debidamente tutorizados, pueden implementarla en sus clases, mejorando los resultados logrados en el aprendizaje de sus alumnos. Estos profesores también valorarán positivamente la nueva propuesta, con la diferencia de que la han implementado en sus clases, y han experimentado y observado las dificultades y ventajas que se derivan en el proceso de enseñanza aprendizaje. En este caso, nos interesan las reflexiones, comentarios y opiniones que estos profesores puedan realizar sobre la propuesta alternativa con conocimiento de causa, después de haberla puesto en práctica en el aula.

La última sesión de tutorización consistió en realizar una valoración general cualitativa sobre el desarrollo de la unidad didáctica y la propuesta alternativa.

Se preguntó a los profesores tutorizados sobre las aportaciones que destacarían del modelo de resolución de problemas de visualización, sobre su opinión sobre los contenidos procedimentales y las estrategias y métodos de resolución incluidos en el mismo, dificultades o incidencias que observaron durante la puesta en práctica del programa de actividades, cambios de opinión que han experimentado sobre el modelo de enseñanza/aprendizaje como consecuencia de la tutorización, propuestas de mejora, sugerencias, etc.

Se exponen a continuación algunos comentarios extraídos de dicha entrevista realizada a los dos profesores tutorizados sobre los diversos aspectos abordados en la última sesión de valoración general cualitativa, que apoyan cuatro conclusiones generales tras su análisis:

- 1.- Se observa un cambio sustancial en el planteamiento que los profesores tutorizados realizan de la enseñanza de la visualización respecto a años anteriores.

### **Ejemplo 1**

“Después de la tutorización, he cambiado de opinión sobre la secuencia óptima que habría que seguir en el programa de la asignatura. Primero habría que ver la representación de piezas, en vistas y en perspectiva, y luego dar diédrico, o sea, la sistemática y los métodos de resolución en el plano. O, en todo caso, dar ambas a la vez, en la misma semana, compaginando diédrico con técnico; que no sean celdas independientes. Ahora estoy de acuerdo en que los alumnos pierden la relación entre el diédrico y el dibujo técnico. Creo que ni siquiera los profesores ven clara la relación de un parte con la otra. Qué del diédrico sirve para el técnico. Incluso es posible que los propios profesores que solucionan un problema de diédrico no sean capaces de ver lo que han hecho en el espacio. No saben cómo se aplica eso en el técnico, así que les da miedo el cambio. No saben qué del diédrico sirve para el técnico. Y eso afecta al planteamiento de la asignatura, que lo secuencian y aplican en clase como celdas independientes y separadas, sin relación alguna.”

### **Ejemplo 2**

“En las estrategias didácticas me ha gustado el planteamiento de la dinámica del aula que se propone, que se aprende mediante interacción entre alumnos-profesor ..., participando y colaborando todos en el proceso de aprendizaje.”

### **Ejemplo 3**

“Me dedico fundamentalmente a desarrollar estrategias de resolución en base a ejemplos, primero en la pizarra, haciendo paso a paso un ejercicio, luego van siguiendo ellos, y luego ya mando para casa ejercicios. Me centro en que adquieran las estrategias. Más que un ejercicio concreto, ese ejercicio es un ejemplo en el que voy mostrando las estrategias para que luego ellos puedan abordar otro tipo de piezas. En años anteriores no lo hacía igual. Este año lo he cambiado. Yo creo que el alumno lo que tiene que hacer es visualizar, ver la pieza. Entonces la teoría que se puede dar, toda la que existe de dibujo isométrico, que se puede desarrollar igual que el diédrico, no vale para nada, yo creo, o el esfuerzo que supone desde luego no compensa. Yo creo que se aprende primero adquiriendo las estrategias, y segundo, practicando con piezas que vayan de menor a mayor dificultad.”

### **Ejemplo 4**

“A raíz de la tesis que estás haciendo, he tomado conciencia de que hay unos procedimientos y unas estrategias para aprender a visualizar. Antes, la clase de visualización era más que nada, plantear el ejercicio, y ponen en la transparencia la solución, y ahora es hacer paso a paso el ejercicio partiendo de cero hasta el final.”

Los años anteriores yo planteaba el ejercicio más o menos, subiendo el nivel progresivamente, planteando el ejercicio, y poniendo la solución en transparencia, y pensando tal vez, que no había estrategias de resolución, que no había una técnica para deducir la pieza, pero, después de ver tu tesis, hay elementos valiosos, y ahora hago los ejercicios paso a paso, yendo directamente a las estrategias para que el alumno las aprenda. Y ahora, en menor tiempo, y haciendo menos ejercicios, yo creo, que se avanza más. Porque si no, si se plantea el ejercicio, y no tienen ningún tipo de ayuda, el alumno está un poco perdido, y él tiene que encontrar el camino de resolución. Y tal vez se le ocurre coger la regla e ir comparando entre vistas, pero si tú directamente le das unas orientaciones, un método, avanza mucho más rápido. Aprovechas mejor el tiempo, y yo creo que el alumno aprende más.”

2.- La valoración cualitativa que hacen de la propuesta alternativa es claramente positiva, aunque en el primer año de experimentación plantean dificultades en su aplicación, como la falta de tiempo, y en consecuencia, no realizan todas las actividades propuestas.

### **Ejemplo 5**

“Yo creo que en la enseñanza habitual no se tienen en cuenta los conocimientos previos de los alumnos. Igual te das cuenta que de 40, 20 no llegan al nivel de partida inicial establecido, pero le das más importancia a lo que tienes que dar. Si no, adaptarías el programa a las necesidades del alumno, y yo creo que no se hace. Hay unos programas; esto lo tengo que dar, y es el alumno el que tiene que adaptarse al programa si no tiene el nivel, y no al revés. En la enseñanza habitual eres consciente de que hay alumnos que tienen dificultades, pero tú sigues con lo tuyo.

Mi experiencia, después de la tutorización es que, con 70 alumnos, me di cuenta enseguida de quienes seguían y quienes no. Y la razón de no seguir, creo, es que antes, el nivel de partida les parecía demasiado alto al principio y lo dejaban. Ahora les he dado una ayuda a esos alumnos, pero me parece difícil conseguir la personalización, la individualización, ya que las necesidades con 70 personas son diferentes. Por la falta de tiempo material creo que no llegas a individualizar del todo. Fuera de las horas de clase, tal vez sí, pero eso es voluntad del profesor, de su nivel de implicación. Con un grupo grande, me parece difícil. A mí se me ha hecho difícil. He visto alumnos que a pesar de todo se quedaban a partir de la cuarta clase, no me podían seguir.

La propuesta alternativa me parece difícil de llevarla a la práctica con un grupo elevado de alumnos. Cada alumno es un mundo, y tiene distintas necesidades. La individualización me parece muy difícil.”

### **Ejemplo 6**

“Algunas deficiencias que presentan los alumnos son porque no han pegado ni sello. Así que, en ese caso, esas dificultades son evitables por parte del alumno, no es mi problema, y no debo cambiar el ritmo o programa por esos alumnos. Lo del punto de partida es distinto. Hay que diferenciar las causas de las posibles deficiencias; si se trata de un problema de asimilación o de vagancia.”

### **Ejemplo 7**

“De todas maneras, ¿tiene sentido enseñar muchos métodos de resolución, cuando algunos tienen poca utilidad, como el de Eckhart, por ejemplo? Quizás deberíamos enseñar sólo el que sirve para todos los casos, el de correspondencia. Yo me he centrado en el de correspondencia.

### **Ejemplo 8**

“Sobre el programa de actividades que se sigue en la enseñanza habitual, creo que es necesaria una reflexión anterior, y yo creo que funcionamos más al día a día, improvisando bastante. Abres la carpeta, y dices: Hoy hacemos este ejercicio (aleatoriamente, más bien), sin que estuviera ordenado del todo de antes, más bien se hace espontáneamente, con cierta improvisación. He cogido este ejercicio 15 minutos antes de la clase, y lo usaré para tratar tal concepto, pero un poco improvisadamente. No sigue un hilo conductor como el que se propone en la propuesta alternativa.

Pero, bueno, la verdad es que no he hecho todas las actividades que propones, aunque sí casi todos, así que muy bien. No he hecho por ejemplo, líneas faltantes, ni problemas abiertos, que son los que propones como afianzamiento. Más bien por falta de tiempo, no porque no me parezcan interesantes.”

3.- La inclusión y el tratamiento de los contenidos procedimentales implicados en la visualización en el modelo de resolución propuesto es considerada como fundamental y valiosa.

### **Ejemplo 9**

“Yo creo que en la enseñanza habitual, de seguir algo, se sigue un único modelo de resolución de los problemas de visualización, el que más domina el profesor. Los procedimentales se dejan en manos del alumno. Es decir, el alumno es el que debe construir su modelo procedimental, ya que en clase se suelen realizar un par de ejercicios prácticos “tipo” que no tienen nada que ver con los demás. Cada uno por su cuenta va sacando conclusiones. La propuesta alternativa le da una respuesta a ese problema, porque integra los contenidos procedimentales en el modelo.”

### **Ejemplo 10**

“Algunos alumnos que no veían un pimiento han utilizado el método de Eckhart, dibujando el prisma, las vistas completas sobre sus caras, trazar paralelas a los ejes de la perspectiva a partir de los vértices, y encontrar las intersecciones, pero cuando se encontraban con más de una posible intersección, se formaban un tomate. Eso fue al principio del curso, luego les fui inculcando la metodología de visualizar, y hacerlo antes de dibujar. El que no ve, parece que recurre a ese método porque es como más mecánico. Recuerdo a un alumno que partía de cero. Al principio empezaba a hacer Eckhart, sin pensar, y lo acabó dejando, empezó a seguir el modelo, y acabó viendo, y ha aprobado la asignatura. Aun así me parece que tienen muy poco tiempo para coger cierto nivel. No hay tiempo material para que aprendan, especialmente los que parten de cero.”

### **Ejemplo 11**

“Que no haya visto dibujo tengo muy poca, pero, de los mejores alumnos que tengo ahora, no habían visto dibujo antes. Antes no veían nada, y ahora, espero que saquen notable o así. En general, los que parten de cero, ahora siguen la asignatura bien, son buenos alumnos.”

### **Ejemplo 12**

“Ningún alumno me ha dicho que se haya aburrido o que lo que hemos trabajado en contenidos procedimentales no le haya servido. Creo que consideraban todos las actividades como un aportación que les ayudaba a aprender. No creo que hayan perdido el tiempo. De 70, me venían regularmente unos 55. Han seguido bastante bien la asignatura.”

### **Ejemplo 13**

“He observado que incluso los que partían con conocimientos previos, hacen más análisis cualitativo que antes, creo que esos pasos de resolución los han integrado en su proceso mental. Por ejemplo, un alumno me comentó que no tenía interiorizadas las características de los tipos de plano hasta que lo vimos en la visualización. Conocía la clasificación, pero no su utilidad para visualizar.

Y también ha ayudado mucho que tuvieras detallados los razonamientos que hacen los expertos. Por ejemplo, me ha gustado lo de contar el número de proyecciones en cada vista, y concluir que, o hay proyectantes, o planos ocultos. Yo por ejemplo, creo que es algo que no había oído nunca. Y ese razonamiento apareció cuando resolvieron un problema en clase los alumnos. Yo creo que se falla en eso. No se mencionan esos razonamientos, esos métodos. Salen si se da el caso en un ejercicio, y si no, no. El que esté sistematizado es muy acertado. El profesor debería enseñar todo lo que es útil, y muchas veces, no es así. Si toca en la pieza que he elegido, sí; si no, no. “

### **Ejemplo 14**

“En mi caso ha sido novedoso casi todo, quizás por mi falta de experiencia. Lo he visto muy ordenado, muy sistematizado, con muchos métodos, estrategias...me ha gustado mucho. Y el incluir los contenidos procedimentales me parece muy buena idea. Antes los aprendía el alumno por su cuenta a base de hacer un montón de ejercicios. Aquí ya están tratados, y me parece indispensable para la visualización. Me parece clave. Si no se hace, me parece que es dejar al alumno frente a un salto al vacío.”

4.- La utilización del sistema multimedia y el sistema de evaluación procesual seguido también reciben valoraciones positivas.

### **Ejemplo 15**

“No, en la enseñanza habitual no se usa el ordenador como herramienta didáctica. Quizás no se hacen actividades con ordenador porque no hay recursos materiales para ello. Por eso el sistema multimedia que has desarrollado viene de perlas. Antes echaba en falta la visualización real, ver, enseñar, tocar piezas reales. Hay alumnos que viven una abstracción en el dibujo. Si ya de por sí la visualización es difícil de ver, a veces, se trata desde un nivel de abstracción y teorización que dificulta su aprendizaje. Con el VRML corriges en gran parte ese problema, porque aunque sigan sin ser piezas reales puedes interaccionar con ellas como si las tuvieras en la mano.”

### **Ejemplo 16**

“De todas maneras, el uso del multimedia es secundario, porque primero se trabaja la fase deductiva, para luego enseñar el resultado en virtual, como fase final, para el análisis y

detección de errores, no para la deducción. En mi caso, yo no tengo habilidad para dibujar en la pizarra, tiro mucho de transparencias, y me vino fenomenal poder utilizarlo.”

### **Ejemplo 17**

“Como herramienta didáctica, la idea que hemos tenido este año, es reforzar los ejercicios de visualización en el aula de CAD. A la vez que vemos AutoCAD, planteamos ejercicios de a partir de una perspectiva, dibujar las vistas o dibujar un corte, y cuando hemos visto Solid Edge, a partir de las vistas, hacer una pieza en 3d, con lo cual, incluimos la visualización. Y yo creo que ha sido positivo.”

### **Ejemplo 18**

“El sistema de evaluación en la propuesta alternativa, sí está contemplado, escrito, sistematizado,...y permite eso, la autorregulación del alumno y que el mismo profesor vea cómo evoluciona el proceso. En la habitual, se podría dar en parte, porque está en la voluntad del profesor, depende del profesor. Es posible hacerlo aunque no esté tan sistematizado como está contemplado en la propuesta alternativa. Es posible que sí se esté haciendo de alguna manera, por las láminas que se mandan semanalmente.

Yo creo que hay profesores que ni siquiera explican para qué se hacen láminas, cuál es el objeto de hacerlas, que hay quienes las mandan para incluir el trabajo personal del alumno en la nota de la asignatura pero no para ver lo que asimilan, y también, que el alumno las hace porque valen para nota, no para aprender de los errores. También es necesaria la voluntad del alumno.

Hay que dar la posibilidad de hacer sólo el examen final, porque hay alumnos que están trabajando que no pueden seguir la evaluación continua, pero en general, la evaluación continua es el mejor método para aprender. Quizás hay alumnos que eligen la continua porque tienen miedo al examen final, a una única nota, pero bueno, en la práctica aprenden más de esa manera, aunque ellos hayan ido a por la nota.”

En definitiva, se observa un cambio sustancial en el planteamiento que los profesores tutorizados realizan de la enseñanza de la visualización respecto a años anteriores. La valoración cualitativa que hacen de la propuesta alternativa es claramente positiva, aunque en el primer año de experimentación plantean dificultades en su aplicación, como la falta de tiempo, y en consecuencia, no realizan todas las actividades propuestas. La inclusión y el tratamiento de los contenidos procedimentales implicados en la visualización en el modelo de resolución propuesto es considerada como fundamental y valiosa. Por otra parte, la utilización del sistema multimedia y el sistema de evaluación procesual seguido también reciben valoraciones positivas.

En síntesis, los resultados muestran que los profesores tutorizados son capaces de implementar en sus clases el programa de actividades propuesto, y lo valoran positivamente.

## CUARTA PARTE

### CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

*Un cuadro de la realidad, trazado con unas pocas líneas firmes, no puede esperarse que sea adecuado a la variedad de todos sus matices.*

*Herman Weyl.*

*Lo que observamos no es la Naturaleza en sí, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de indagación.*

*Werner Karl Heisenberg.*

## Capítulo 8.

### CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

Este trabajo se ha ocupado de la problemática educativa que se presenta en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la visualización de piezas en la asignatura de Expresión Gráfica en el primer curso de Universidad en estudios de Ingeniería Técnica. La elección de este tema se ha debido a que en su docencia nos encontramos con serias deficiencias y dificultades de aprendizaje entre los alumnos que cursan esta asignatura, y su conocimiento es básico y fundamental para la comprensión y lectura de los planos industriales de piezas y mecanismos, y en consecuencia, en el ejercicio de la profesión del ingeniero.

El desarrollo de este trabajo se ha estructurado en torno a tres cuestiones:

1. ¿Cuáles son las principales dificultades que tienen los estudiantes a la hora de comprender los conceptos y procedimientos básicos relativos a la visualización de piezas?
2. La enseñanza habitual de la visualización de piezas, ¿da lugar a un aprendizaje comprensivo, o bien posee deficiencias que hacen previsible un escaso aprendizaje?
3. ¿Es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación didáctica y que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes hacia la asignatura?

A continuación pasamos a resumir las aportaciones principales de este trabajo en relación con cada una de las tres cuestiones.

#### 8.1. CONCLUSIONES.

La primera parte de este trabajo se ha destinado a clarificar el concepto de “visualización”, determinando a continuación los contenidos conceptuales y

procedimentales que caracterizarían un aprendizaje comprensivo del mismo. Como consecuencia de los contenidos explicitados, se ha propuesto un *modelo de resolución* de problemas de visualización que integra tanto los *contenidos conceptuales como los procedimentales*, desarrollado a partir de la revisión bibliográfica y de las aportaciones de varios expertos (apartado 1.3). Finalmente, se han establecido los *indicadores de comprensión* que determinarían que un estudiante posee los conocimientos necesarios para visualizar (apartado 1.4).

A continuación, se ha realizado un *análisis crítico de la enseñanza habitual* de la visualización de piezas. En el capítulo 2 se justifica y enuncia la *primera hipótesis* general de situación, que sostiene que la enseñanza habitual de visualización adolece de *deficiencias didácticas* que contribuyen a que los estudiantes no interpreten correctamente o visualicen en el espacio las representaciones en el plano de piezas industriales.

El control experimental de las derivaciones de la primera hipótesis ha conducido a resultados que en todos los casos son convergentes y apoyan esta hipótesis, mostrando así mismo las *deficiencias y dificultades presentes en el aprendizaje* de los alumnos. Podemos resumir las conclusiones generales del siguiente modo (Capítulo 4):

- 1) La enseñanza habitual de la visualización de piezas adolece de deficiencias didácticas, en la organización, secuenciación, y contenidos tratados, tanto en los libros de texto, como en el programa y las estrategias didácticas seguidas por el profesorado, que se concretan en los siguientes aspectos:
  - No toma en consideración los *conocimientos previos* de los estudiantes.
  - No toma en consideración las posibles *dificultades procedimentales* de los estudiantes en la resolución de problemas de visualización.
  - Se centra casi exclusivamente en los *contenidos teóricos o conceptuales*, olvidando los *procedimentales y actitudinales*.
  - Presenta los contenidos de la asignatura como una *exposición excesivamente compartimentada* de los fundamentos teóricos que la componen, transmitiendo conocimientos autónomamente, olvidando las conexiones e interrelaciones entre las unidades didácticas, y en concreto,

de aquellos contenidos conceptuales y procedimentales que se ven implicados en la resolución de los problemas de visualización.

- Se sigue un sistema de *evaluación* final, que no permite conocer el *proceso* gradual de aprendizaje y asimilación de los estudiantes, de cara a posibilitar la *autorregulación* del alumno, el *aprendizaje metacognitivo*, y la *readaptación* de la estrategia docente en función de los resultados obtenidos.
- Se utiliza el *ordenador*, en su caso, fundamentalmente como herramienta de CAD (Diseño Asistido por Ordenador), es decir, como herramienta de trazado informático, prescindiendo de sus posibilidades como herramienta de EAO (Enseñanza Asistida por Ordenador): por una lado, como aplicación visualizadora que contribuya a una mejor comprensión de las piezas mediante la utilización de representaciones virtuales, y por otro, como complemento a la docencia en el aula, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de autoformación en casa.

2) Los estudiantes presentan en el aprendizaje logrado con la enseñanza habitual deficiencias y dificultades conceptuales y procedimentales en la resolución de los problemas de visualización, tales como:

- Deficiencias en el conocimiento de los distintos *tipos de plano*, su clasificación, y las *proyecciones* a que dan lugar.
- Deficiencias en el conocimiento de los distintos *métodos de resolución*, así como su limitación y conveniencia de uso según las características de la pieza.
- Deficiencias en el conocimiento y la aplicación de las *condiciones o reglas de correspondencia* entre proyecciones de una vista a otra en el método de análisis de superficies.
- Deficiencias en el *análisis cualitativo* del enunciado, no interpretando toda la información presente o no siguiendo una adecuada *estrategia de análisis*.
- Deficiencias en la *emisión de hipótesis*, recurriendo a la misma cuando no es necesario, o no planteando todas las posibilidades correctas.

- Seguir una inadecuada *estrategia de trazado*, no recurriendo a elementos de referencia para el trazado proporcional y la correcta traslación de puntos de las proyecciones diédricas a la perspectiva.

Todos los resultados anteriores han apoyado de un modo convergente la primera hipótesis de este trabajo y nos permiten afirmar que, efectivamente, la enseñanza habitual de la visualización adolece de insuficiencias didácticas que contribuyen a que se presenten deficiencias y dificultades en el aprendizaje de los alumnos. Ésta ha sido nuestra respuesta a las dos primeras interrogantes que han estructurado el trabajo.

La respuesta a la tercera interrogante exigió *diseñar y validar experimentalmente una propuesta alternativa de enseñanza de la visualización*, que se estructura en torno a la segunda hipótesis general, y que sostiene que es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación didáctica y que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes de los alumnos en la visualización de piezas.

Se han mostrado sus *características* básicas (capítulo 5) y el *programa de actividades* desarrollado como recurso didáctico para la visualización de piezas (apartado 6.2.1). Podemos resumir las aportaciones de este trabajo en relación a las características de la propuesta alternativa en los siguientes puntos:

- Desarrollo de un modelo de resolución de problemas de visualización a partir de la revisión bibliográfica, del análisis del proceso de resolución por parte expertos, y la incorporación de las últimas aportaciones de la investigación didáctica en la resolución de problemas.
- Integración en un modelo único de los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en la visualización, tomando a los expertos como modelo de referencia a imitar y definiendo así los aspectos en los cuales se ha de incidir.
- Incorporación de las características del modelo de enseñanza de orientación constructivista.

- Desarrollo de una estrategia de enseñanza y de un programa de actividades basada en la resolución de problemas, como forma de integrar la teoría y los problemas en un proceso único de construcción de conocimiento.
- Integración de un sistema multimedia como herramienta didáctica de apoyo en la docencia de la visualización.

Por último, el control experimental de las derivaciones de la segunda hipótesis proporciona resultados convergentes en todos los casos. Así, en el capítulo 7, se han presentado las *mejoras obtenidas en el aprendizaje logrado* y los resultados obtenidos en la *valoración de la propuesta alternativa*. Podemos resumir las conclusiones de este trabajo en estos aspectos en los siguientes puntos:

- En todos los casos los alumnos de los grupos experimentales llegan significativamente en mayor porcentaje a la *solución correcta final* de los problemas de visualización.
- Desde un punto de vista cualitativo se observa una mejora sustancial en el análisis de los razonamientos y argumentos utilizados por los alumnos del grupo experimental en el proceso de resolución de los problemas de visualización, en comparación con los realizados por los alumnos del grupo de control, siendo las respuestas de los alumnos mejor fundamentadas y explicadas que anteriormente, encontrándose coincidencias importantes con los razonamientos y argumentos utilizados por los expertos que aparecen reflejados en el modelo de resolución propuesto en el capítulo 1. Dicho de otra manera, se observa una mayor eficacia por parte de los alumnos a la hora de resolver los problemas, realizando éstos un análisis en mayor profundidad del enunciado, siguiendo una estructura de resolución muy cercana a la propuesta en el modelo alternativo, y aproximándose a la forma de resolver de los expertos. Se observa así mismo una disminución importante de errores durante el proceso de resolución, y deficiencias que se daban entre los alumnos del grupo de control desaparecen o disminuyen drásticamente en los alumnos del grupo experimental.
- En cuanto a la influencia de la utilización del sistema multimedia desarrollado, a la vista de los resultados, no parece que este aspecto contribuya por sí solo a una mejora significativa de la capacidad espacial del estudiante, hipótesis que pretendía ser validada en un principio.

- Los alumnos que han seguido la propuesta alternativa en los grupos experimentales se muestran satisfechos con los contenidos trabajados y los materiales utilizados, valoran muy positivamente la metodología de enseñanza seguida, y han seguido las clases de visualización con interés. Así mismo, la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje de la asignatura.
- Los profesores consultados valoran muy positivamente la nueva propuesta de enseñanza de la visualización frente a la enseñanza habitual, tanto los contenidos abordados en la unidad didáctica de visualización y los materiales de enseñanza desarrollados, como la metodología y estrategias de enseñanza propuestas para su aprendizaje.
- Los profesores tutorizados son capaces de implementar en sus clases el programa de actividades propuesto, y lo valoran positivamente. La inclusión y el tratamiento de los contenidos procedimentales implicados en la visualización en el modelo de resolución propuesto es considerada como fundamental y valiosa. Por otra parte, la utilización del sistema multimedia y el sistema de evaluación procesual seguido también reciben valoraciones positivas.

En definitiva, todos estos resultados obtenidos nos permiten afirmar que se ha logrado verificar las dos hipótesis que se emitieron al inicio de este trabajo de investigación.

## 8.2. NUEVOS PROBLEMAS.

Una característica de una investigación fructífera es su capacidad para plantear nuevos problemas, para abrir nuevas vías de investigación o para ayudar a acotar mejor problemas ya planteados con anterioridad. En este sentido proponemos a continuación algunas vías de investigación que sugerimos a partir de las aportaciones y resultados obtenidos en este trabajo sobre visualización.

Una de las conclusiones de este trabajo es que la enseñanza habitual de visualización adolece de deficiencias didácticas, tanto en su diseño como en su desarrollo. Estas deficiencias sólo pueden ser corregidas si se produce un cambio en el pensamiento docente acerca de las características de un aprendizaje con comprensión en

visualización, si se reflexiona sobre las deficiencias didácticas presentes en la enseñanza que se practica habitualmente y sobre las dificultades de los alumnos en su aprendizaje, y si se diseñan e implementan estrategias docentes coherentes con las aportaciones de la investigación didáctica. En el presente trabajo se ha mostrado que ese cambio es posible si se lleva a cabo una tutorización del profesorado. La experimentación por parte de un número mayor de profesores de la propuesta alternativa, y la conveniencia de extenderla a niveles no universitarios, abriría la posibilidad de desarrollar un nuevo trabajo de investigación que tuviera como objetivo adaptar el programa de actividades a los diferentes niveles de estudio, mejorando y desarrollando en mayor profundidad la propuesta alternativa mediante la tutorización del profesorado, y la investigación-acción en el aula. El resultado de ese trabajo podría dar como resultado una optimización del programa de actividades, desarrollando más las deficiencias y dificultades que se presentan entre los estudiantes y las estrategias para corregirlas eficientemente.

Por otro lado, ya se ha comentado con anterioridad que la capacidad de visualizar es básica y fundamental para la comprensión y lectura de los planos industriales de piezas y mecanismos. Otra posible vía de investigación consistiría en analizar la problemática que se presenta en otras unidades didácticas de la asignatura en las que la visualización está implicada, como en la realización de cortes y secciones de piezas, o la lectura de mecanismos y conjuntos formados por la unión de varias piezas individuales. Posiblemente sea necesario un desarrollo del modelo de visualización propuesto en este trabajo, ampliándolo con los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en esas unidades didácticas que no han sido considerados en el presente trabajo. Para ello podría seguirse una metodología similar a la llevada a cabo, recurriendo a la revisión bibliográfica y a las aportaciones de expertos, y determinando las deficiencias y dificultades que presentan los estudiantes en su aprendizaje. El desarrollo de los programas de actividades para cada unidad didáctica y su experimentación y análisis de resultados mediante contraste de grupos experimentales y de control validaría la posible mejora producida en el aprendizaje.

Por último, otro interrogante que nos planteamos es si la utilización de un sistema multimedia desarrollado para otras unidades didácticas, como por ejemplo, los mecanismos y conjuntos industriales, en las que además de la posibilidad de interactuar con las piezas mediante el formato VRML, se abre la posibilidad de introducir

animaciones que ayuden a comprender el funcionamiento y montaje de dichos mecanismos, éste hecho pudiera mejorar el aprendizaje logrado de una manera significativa, mejora que como se recordará no hemos podido validar en nuestro caso. Quizás esto sea debido a que el sistema multimedia desarrollado se ha utilizado como una herramienta de análisis de resultados de los problemas de visualización, y no como un sistema que permita ir resolviendo el problema y visualizar en el ordenador paso a paso los resultados de cada razonamiento realizado por el alumno durante el proceso de deducción. El desarrollo de un sistema de EAO que cumpliera esa característica abre otra posible vía de investigación. El sistema debería presentar al alumno situaciones problemáticas para el aprendizaje, permitiendo la simulación de modelos a partir de los datos y las soluciones ofrecidas por los estudiantes, en una interacción continua, de manera que la pieza solución del problema va siendo construida de forma inmediata respecto al razonamiento realizado por el estudiante, pudiendo éste visualizar en la pantalla del ordenador el resultado de su razonamiento y confrontarlo con el enunciado durante todo el proceso de resolución. En función de los avances tecnológicos y las posibilidades que ofrezcan para su aplicación en la docencia, las líneas de investigación que analicen y propongan modelos de integración de los mismo en el proceso de enseñanza/aprendizaje se irán abriendo y desarrollando.

## **ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA**

### **Anexo I: Relación de libros de texto analizados**

- BERTOLINE G. et al. (1997). Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica. México. McGraw-Hill.
- BACHMANN et al. (1959). Dibujo técnico. España. Editorial Labor.
- BOGOLIÚBOV S. (1985). URSS. Editorial MIR.
- CONDE A. et al. (1979). Dibujo técnico. España. Editorial Teide.
- DIEGUEZ A. (1993). Dibujo geométrico y normalización. Servicios editoriales EUITI. Cartagena.
- EQUIPO TÉCNICO EDEBÉ. (1977). Delineación industrial. España. Bruño-Edebé.
- FÉLEZ J. et al. (1996). Fundamentos de ingeniería gráfica. España. Editorial Síntesis.
- FRENCH T. et al. (1954). Dibujo de ingeniería. México. Uteha.
- GIESECKE F. et al. (1979). Dibujo Técnico. México. Editorial Limusa.
- GIESECKE F. et al. (1989). Engineering Graphics. Macmillan Publishing.
- GIMÉNEZ A. et al. (1987). Dibujo técnico. España. Servicios editoriales EUITT.
- HIDALGO A. (1975). Dibujo técnico industrial. España. Sección de Publicaciones de la ETS Ingenieros Industriales.
- JENSEN C. (1981). Dibujo y diseño de ingeniería. México. McGraw-Hill.
- JENSEN C. et al. (1991). Fundamentos de dibujo. México. McGraw-Hill.
- LADERO R. et al. (1992). Técnicas de expresión. España. Editorial donostiarra.
- LUZZADER W. et al. (1986). Fundamentos de dibujo en ingeniería. México. Prentice Hall. Hispanoamericana.
- MAGUIRE D. et al. (1989). Dibujo técnico. España. Ediciones Pirámide.
- MATA J. et al. (1975). Técnicas de Expresión Gráfica. España. Bruño-Edebé.
- MATA J. et al. (1978). Dibujo mecánica. España. Edebé.
- PACETTI B. (1985). Corso di disegno meccanico. Italia. Ulrico Hoepli Editore
- PÉREZ J.L. et al. (1998). Expresión Gráfica en la Ingeniería. España. Prentice Hall.
- RODRÍGUEZ DE ABAJO J. et al. (1984). Dibujo técnico. España. Editorial Donostiarra.
- SANJUÁN F. et al. (1977). Técnicas de Expresión Gráfica. España. Bruño-Edebé.
- SCHNEIDER et al. (1975). Manual práctico de dibujo técnico. España. Editorial Reverté.
- SENABRE J. (1989). Dibujo técnico. España. Editorial Luis Vives.
- SPENCER H. (1973). Dibujo técnico básico. México. Ed. Continental.
- STRANEO L. et al. (1965). El dibujo técnico mecánico. México. Uteha.
- URRAZA G. et al. (1999). Dibujo técnico. España. ARTE KOPI.
- VISHNEPOLSKI I. (1984). Dibujo técnico. Editorial MIR.

### **Cuadernillos de unidades didácticas de visualización, o colecciones de problemas**

- ÁLVAREZ J.L. (1986). Dibujo técnico. España. Ediciones Júcar.
- GONZALO J. (1994). Dibujo técnico. España. Editorial Donostiarra.
- PEREZ T. et al. (1998). Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial. España. Editorial Club Universitario.
- REVILLA A. (1992). Prácticas de dibujo técnico. España. Editorial Donostiarra.

## Anexo II: Referencias bibliográficas

AHO et al. (1993). Learning science by practical work in Finnish Primary Schools using materials familiar from the environment: a pilot study. *Int. Jour. Science Education*, 14 (3), pp. 477- 491.

ABELL S. y SMITH D. (1994). GAT is science?: preservice elementary teacher's conceptions of the nature of science. *Int. Jour. Science Education*, 16(4), pp.475-487.

AIKENHEAD G. y RYAN A. (1992). The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society". (VOSTS). *Science Education*, 76 (5), pp. 477-491.

ALONSO M., GIL D., y MARTÍNEZ TORREGROSA J. (1992). Los exámenes en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 10 (2), p.127-138.

ALVAREZ J.L. (1997). Aplicaciones de Internet a la investigación educativa. *Bordón*, 49 (4), p.447-456.

ALVAREZ P.I. (1999). La educación en el contexto de las nuevas tecnologías. XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Logroño-Pamplona.

ANDERSON, J.R. (1990). *Cognitive psychology and its implications*. New York: W.H. Freeman.

ANDUIZA M<sup>a</sup>.V. et al. (2001). La resolución de problemas como actividad de investigación orientada en física y química. Santander: Gráficas COPISAN.

BACHELARD G. (1968). *The philosophy of no*. The Orion Press: New York.

BACHELARD G. (1938). *La formation de l'sprit scientifique*. París: Vrin.

BARBERÁ O. y SANJOSÉ V. (1990). Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (1), p.46-51.

BARNEA N. (1997). The use of computer-based analog models to improve visualisation and chemical understanding. I Congreso Esera. Roma. ICME8. Sevilla.

BARRÓN A. (1993). Aprendizaje por descubrimiento: principios y aplicaciones inadecuadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), pp. 3-11.

BASTIDA M.F. et al. (1990). Prácticas de laboratorio: ¿una inversión poco rentable? *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 77-91.

BENNET G.K., SEASHORE H.G., y WESMAN A. (1940). D.A.T. (Differential Aptitude tests). New York. The Psychological Corporation.

BERTOLINE G. et al. (1997). *Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica*. México. McGraw-Hill.

BRICH, W. (1986). Towards a model for problem-based learning. *Studies in higher education*, 11 (51), 73-83.

BUNCHAN A. y JENKINS E. (1992). The internal assessment of practical skills in science in England and Wales, 1960-1991: some issues in historical perspective. *Int. Jour. Science Education*, 14 (4), pp.367-380.

CARRASCOSA J. y GIL D. (1985). La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias, 3 (2), 113-120.

CHANG H. y LEDERMAN N. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Jour. Res. Science Teaching*, 31 (2), pp. 167-187.

CHI, M., GLASER, R., y REES, E. (1982). Expertise in problem solving. In R.J. Sternberg (Eds.), *Advances in the psychology of human intelligence*, (vol.1 pp. 7-75). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

COHEN L y MANION L. (1990). Métodos de investigación educativa. Madrid: La muralla.

COLL C., (1987). Psicología y curriculum. Barcelona: Laia.

COLL C., (1997). Nuevas teorías del aprendizaje y su impacto en las transformaciones educativas. Congreso Iberoamericano "Las transformaciones educativas". Buenos Aires.

COOK T.D. y REICHARDT CH.S. (1986). Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa. Madrid. Ed. Morata.

DE LOS FRAILES F. (1998). Eficacia de un sistema EAO Hipermedia en la enseñanza del dibujo técnico industrial. Tesis doctoral. Bilbao: Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

DE PRO BUENO A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (1), 21-41.

DEL CARMEN L. y JIMÉNEZ M.P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, pp.7-22.

DEL CARMEN L. y JIMÉNEZ, M.P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, pp.9-16.

DRIVER R. y OLDHAM V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in Science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

DUGGAN B. et al. (1996). A critical point in investigative work: defining variables. *Jour. Res. Science Teaching*, 33 (5), pp. 461-474.

DUGGAN B. y GOTT R. (1995). The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *Int. Jour. Science Education*, 17 (1), pp. 137-147.

ELSHOUT J.J. (1985). Problem solving and education, state of the art paper. *Earli conference Lewen June, 1985*.

FERGUSON-HESLER, M. y DE JONG, T.; 1987. On the quality of knowledge in the field of electricity and magnetism. *American Journal of physics*, 55(6), 492-497.

FERGUSON-HESLER, M. y DE JONG, T.; 1990. Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 7, 41-54.

FINEGOLD, M., y Mass, R. (1985). Differences in the process of solving physics problems between good physics problem solvers and poor physics problem solvers. *Research in Science and Technological Education*, 3, 59-67.

FRASER B. et al. (1995). Evolution and validation of a personal form of an instrument for assessing science laboratory classroom environments. *Jour. Res. Science Teaching*, 32 (4), pp. 399-422.

FRENCH T. et al. (1954). *Dibujo de ingeniería*. México. Editorial Uteha.

FRIEDLER, Y., NACHMIAS, R. y LINN, M.C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (2), 173-191.

FURIO C. (1986). Metodología utilizada en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), 73-77.

FURIO C. (1996). Dificultades procedimentales en el aprendizaje de la Química: La fijación y la reducción funcionales. *Aspectos didácticos de Física y Química*. Zaragoza. Universidad de Zaragoza. ICE.

FURIO C. y GIL D. (1978). El programa-guía, una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química en el Bachillerato. *Universitat de Valencia-ICE*.

FURIÓ C., ITURBE J. y REYES V. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 24, 89-99.

FURIÓ C. y CALATAYUD, M.L. (2000). Functional fixedness and functional reduction as common sense reasonings in chemical equilibrium and geometry and polarity of molecules. *Science Education*, 84: 545-565.

GANGOLI S. y GURUMURTHY C. (1995). A study of the effectiveness of a guided open-ended approach to Physics experiments. *Int. Jour. Science Education*, 17 (2), pp. 233-241.

GALBRAITH P. et al. (1997). Towards scientific literacy for the third millennium: a view from Australia. *Int. Jour. Science Education*, 19(4), pp. 447-467.

GARRET R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, (6), 3, 224-230.

GARRIDO M<sup>a</sup> B. (1999). Diseño de un programa de actividades hipermedia para el aprendizaje de la geometría y polaridad de las moléculas. Trabajo de investigación de tercer ciclo. Universitat de Valencia.

GERMANN P. et al. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of Seventh-Grade students to the Science process skill of designing experiments. *Jour. Tes. Science Teaching*, 33(1), pp. 79-99.

GIESECKE F. et al. (1979). *Dibujo Técnico*. México. Editorial Limusa.

GIL D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 1 (1), 26-33.

GIL D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas, *Enseñanza de las Ciencias*, (4) 2, 11-121.

GIL D. (1991). ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias?, *Enseñanza de las Ciencias*, (9) 1, 69-77.

GIL D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (2), pp. 197-212.

GIL D. y MARTÍNEZ TORREGROSA J. (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, pp.3-12.

GIL D., DUMAS A., CAILLOT M., MARTÍNEZ TORREGROSA J. y RAMÍREZ L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la escuela*, 6, 3-19-

GIL D., GUZMÁN M. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática. Tendencias e innovaciones*. Madrid: Editorial Popular.

GIL D., FERNÁNDEZ I. y CARRASCOSA J. (1999). *La transformación de las concepciones docentes espontáneas acerca de la ciencia*. En Carretero, M. (Ed.). Libro pendiente de publicación. (Argentina).

GIL C., FURIÓ P., VALDÉS J., SALINA J., MARTÍNEZ-TORREGROSA J., GUIASOLA E., GONZÁLEZ A., DUMAS-CARRE M., GOFFARD y A.M. PESSOA. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.

GILBERT J. (1992). The interface between science education and technology education. *Int. Jour. Science Education*, 14 (5), pp. 563-578.

GIMÉNEZ A. et al. (1987). *Dibujo técnico*. España. Servicios editoriales EUITT.

GLASER, R. (1992). Expert knowledge and processes of thinking. En: D.F. HALPERN (Ed.) *Enhancing thinking skills in the sciences and mathematics*. Hillsdale, Nueva Jersey: Erlbaum.

GOMEZ J. (1999). Aplicaciones didácticas y educativas de las tecnologías RIV (Realidad InfoVirtual) en entornos telemáticos. Actas del XI Congreso internacional de ingeniería Gráfica, Logroño-Pamplona.

GOMIS J.M<sup>a</sup>. (1996). Reconstrucción geométrica tridimensional. *Anales de ingeniería gráfica*. Madrid: INGEGRAF.

GONZÁLEZ A.P., GILBERT M., GUILLÉN A., JIMÉNEZ B., LLADÓ F. y RALLO R. (1996). Redes de comunicación, redes de aprendizaje. EDUTEC95. Universitat de les Illes Balears. Palma. p. 409-422.

GREENO, J.G. (1988). *Situated activities of learning and knowing in mathematics*. Paper presented at the 1988 Annual Meeting of the PME-NA, DeKalb, IL.

GUISASOLA J. (1996). Análisis crítico de la enseñanza de la electrostática en el bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista. Tesis doctoral. San Sebastián: Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

GUISASOLA J., PEREZ DE EULATE L. (2000). Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada. UPV - Servicio editorial.

HANEY J. et al. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of Science Education reform strands. *Jour. Res. Science Teaching*, 33 (9), pp. 971-993.

HAYMAN J.L. (1981). *Investigación y educación*. Barcelona: Paidós.

HEGARTY, M. (1991). Knowledge and processes in mechanical problem solving. In R.J. Sternberg & P.A. Frensch (Eds.). *Complex problem solving: Principles and mechanisms* (pp. 253-285). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

HELLER, P. y HOLLABAUGH, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problem and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), 637-645.

HELLER, P., KEITH, R. y ANDERSON, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627-636.

HERVAS C. (1990). Estudio del uso del ordenador sobre el rendimiento y la motivación: análisis estadístico y evaluación de una experiencia. 1ª Jornadas nacionales de didáctica universitaria. Consejo de universidades. Secretaría general.

HIDALGO A. (1976). Dibujo técnico industrial. España. Sección de Publicaciones de la ETS Ingenieros Industriales.

HODSON D. (1990). A critical view at practical work in school science. *School Science Review*, 70 (256), 33-44.

IZQUIERDO, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias, *Alambique* 8, 7-21.

IZQUIERDO M. y RIBERA L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique*, 11, pp.24-33.

IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias* 17 (1), 45-59.

KIRSCHNER P. et al. (1993). Agreement between student expectations, experiences and actual objectives of practicals in the natural sciences and actual objectives of practicals in the natural sciences at the Open University of The Netherlands. *Int. Jour. Science Education*, 15 (2), pp. 175-197.

LANGLOIS F. et al. (1995). Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), pp. 179-191.

LARKIN, J. H. (1981). Enriching formal knowledge: A model for learning to solve textbook physics problems. In J.R. Anderson (Ed.). *Cognitive skills and their acquisition*, (pp. 311-334). Hillsdale, NY: Erlbaum.

LARKIN, J. H. (1983). The role of problem representations in physics. In D. Gentener & A.L. Stevens (Eds.). *Mental models*, (pp. 75-98). Hillsdale, NY: Erlbaum.

LARKIN J. y RAINARD B. (1984). A research methodology for studying how people think. *Journal of research in Science Teaching*, 21 (3), 235-254.

LARKIN, J.H., y REIF, F. (1979). Understanding and teaching problem solving in physics. *European journal of science education*, 1(2),191-203.

LAWSON A. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 165-187.

LEE K. y FENSHAM P. (1996). A general strategy for solving High School electrochemistry problems. *Int. Jour. Science Education*, 80 (6), pp. 543-555.

- LEE K. et al. (1996). Cognitive variables in problem solving in Chemistry: a revisited study. *Science Education*, 80 (6), pp. 691-710.
- LINN M.C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recomendations. *Journal of research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- LOEWE R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image. *ASTER*, 22, p. 173-194.
- LUCAS A. (1990). Varieties of science education research: their applications in the classroom. *Enseñanza de las ciencias*, 8(3), pp. 205-214.
- LUZZADER W. et al. (1986). *Fundamentos de dibujo en ingeniería*. México. Prentice Hall. Hispanoamericana.
- Mc KERNAN J. (1999). *Investigación, Acción y Vitae*. Madrid. Morata.
- MAC. MILLAN, C. y SWADENER, M. (1991). Novice use Qualitative versus Quantitative Problem Solving in Electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*. 28(8), 661-670.
- MAÑÁ T. (1997). Recursos en Internet. *CLIJ*, 94, pp.22-26.
- MARQUES P. (2002). Los procesos de enseñanza y aprendizaje. <http://dewey.uab.es/pmarques/actodid.htm>
- MARTÍNEZ M. y VARELA P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la escuela*, 28, pp.59-68.
- MARTÍNEZ TERRADES S. (1998) *La Didáctica de las Ciencias como campo específico de conocimiento*. Tesis Doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia.
- MARTINEZ-TORREGROSA J. (1987). La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico. Tesis doctoral. Facultad de Físicas. Universidad de Valencia.
- MILLAR, R. (1987). Towards a role for experiment in Science teaching laboratory, *Studies in Science Education*, 14, 104-118.
- MONEREO C. (1995). De los procedimientos a las estrategias: implicaciones para el Proyecto Curricular Investigación y Renovación Escolar (IRES). *Investigación en la escuela*, 27, pp. 21-38.
- NIGRO, R. (1995). Un modelo de prueba escrita que revela capacidades relacionadas con el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 347-361.
- NJOO M. y JONG T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support. *Jour. Res. Science Teaching*, 30 (8), pp.821-844.

NOVAK J. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender a cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (3), pp.215-228.

NOVAK J.D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las ciencias*, 6, pp.213-223.

NOTT M. y WELLINGTON J. (1996). When the black box springs open: practical work in school and nature of Science. *Int. Jour. Science Education*, 18(7), pp.807-818.

OCHOA DE ERIBE J.I. (2001). Identidad única en la representación del espacio: pautas innovadoras. Tesis doctoral. Vitoria: Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

OÑARBE A. (1999). Internet: informarse y comunicarse. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, p.77-79.

ORIOZABALA J.A. (1999). Experiencias de EAO en el aula. Actas del XI Congreso internacional de ingeniería Gráfica, Logroño-Pamplona, p.920.

OTERO J. (1985). Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), pp.361-369.

PARRIL A.L. y GERVAJ J. (1997). Fostering curiosity-driven learning through interactive multimedia representations of biological molecules. *Journal of chemical education*, 74, p.1141-1142.

PEÑA R. (1998). *Aprendiendo a viajar por Internet*. Barcelona. Editorial inforbook's.

PERALES J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp.170-178.

PÉREZ J.L. et al. (1998). *Expresión Gráfica en la Ingeniería*. España. Prentice Hall.

PÉREZ CARRIÓN T. et al. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*. España. Editorial Club Universitario.

PÉREZ DE EULATE L., LLORENTE E. y ANDRIEU A. (1999). Las imágenes de la digestión y excreción en textos de primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), p.165-178.

PINTRICH P.R., MARX R.W. y BOYLE R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual changes. *Review of educational research*, 63, p.167-199.

POZO J.I., PUY M., DOMÍNGUEZ J., GOMEZ M.A. y POSTIGO Y. (1998). *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI, Santillana.

PRO A. (1995). Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. *Alambique*, 6, pp. 77-87.

QUINTANA J. (1997). Programas informáticos en la educación secundaria. *Aula de innovación educativa*, 64, p.24-25.

RAMÍREZ J.L., GIL D. y MARTÍNEZ TORREGROSA J.M. (1994). La resolución de problemas de física y química como investigación. Madrid: Centro de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: CIDE.

REIF F. y HELLER. (1982). Knowledge structures and problem solving in physics. *Educational Psychologist*, 17(2), 102-127.

REVILLA A. (1992). Prácticas de dibujo técnico. España. Editorial Donostiarra.

ROBERTS D. (1995). Junior high school science transformed: analysing a science curriculum policy change. *Int. Jour. Science Education*, 17 (4), pp. 493-504.

ROTH W. (1994). Experimenting in a constructivist High School Physics laboratory. *Jour. Res. Science Teaching*, 31 (2), pp. 197-223.

ROTH W. y MCGINN M. (1997). Graphing: cognitive ability or practice? *Science Education*, 81 (1), pp. 91-106.

SALINAS J. (1995). Las redes: Ordenadores y telecomunicaciones en la enseñanza secundaria. *Aula*, 40-41, p.10-14.

SALINAS DE SANDOVAL J, CUDMANI L.C., PESA M. (1996). Modos espontáneos de razonar: Un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), p.209-220.

SANJUÁN F. et al. (1977). Técnicas de Expresión Gráfica. España. Bruño-Edebé.

SANTOS L.M. (1996). Principios y métodos de la resolución de problemas en el aprendizaje de las matemáticas. México: Grupo Editorial Iberoamericana.

SATTERLY D. y SWAN N. (1987). Los exámenes referidos al criterio y al concepto de ciencias: un nuevo sistema de evaluación. II Congreso Internacional sobre investigación didáctica de las ciencias y de las matemáticas. Valencia.

SCHÖN, D.P. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Paidós. Barcelona.

SELVARATNMAN M.; (1983) Studets' mistakes in problem solving. *Education in Chemistry*. Julio, 125-128.

SELVARATNMAN, M., y KUMARASINGHE, S. (1991). Student conceptions and competence concerning quantitative relationships between variables. *Journal of Chemical Education*, 68, 370-372.

SCHNEIDER et al. (1975). Manual práctico de dibujo técnico. España. Editorial Reverté.

SEVILLA C. (1994). Los procedimientos en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), pp. 400-405.

SIGÜENZA A. y SÁEZ M.J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (3), p. 223-230.

STRANEO L. et al. (1965). *El dibujo técnico mecánico*. México. Uteha.

SUCHMAN, L.A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*. Cambridge: Cambridge University Press.

TAMIR, P. y GARCÍA, M.P. (1992). Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Soain). *International Journal of Science Education*, 14 (4), 381-392.

VARELA M.P. y MARTÍNEZ M.M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividades de investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 15 (2), 173-188.

VIENNOT L. (1976). *Le raisonnement spontané en dynamique elementaire*. Tesis doctoral, Université Paris 7. Herman.

VIENNOT, L. (1989). L'enseignement des ciencias physiques object de recherche. *Billetín de l'Unión des Physiciens*, 716, 899-910.

VIENNOT, L. (1992). Raisonnement à plusieurs variables: tendances de la pensée commune, *Aster*, 14, 127-141.

VIENNOT, L. (1996). *Raisonné en physique*. La part du sens commun. Paris: De Boeck & Larcier, S.A.

VISHNEPOLSKI I. (1984). *Dibujo técnico*. Editorial MIR.

WATSON, J. (1994). Student's engagement in practical problem solving: a case study. *International Journal of Science Education*, 16 (1), 27-43.

WHITE T.R. y GINSTONE F.R. (1989). Metalearning and conceptual change. *Internacional Journal of Science education*, vol 11, 577-586.

WILLIAMSON V.M. y ABRAHAM M.R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of research in science teaching*, 32, pp.521-534.

ZUBIAURRE D. (1992). Conclusiones de los congresos anteriores de expresión gráfica. *Anales de ingeniería gráfica*, 1 (1), pp. 46-47.