

USO DE LA ENSEÑANZA NO PRESENCIAL PARA FOMENTAR LA TRANSVERSALIDAD DEL APRENDIZAJE

LLumà i Fuentes, Jordi*

Jorba i Peiró, Jordi**

Departament de Ciència de Materials i Enginyeria Metal·lúrgica,
Escola Universitaria d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona,
Universitat Politècnica de Catalunya
Comte d'Urgell 187, 08036 Barcelona, España
e-mail: *jordi.lluma@upc.edu, **jordi.jorba@upc.edu

Palabras clave: Enseñanza no presencial, aprendizaje transversal, PBL

Área de conocimiento: Ingeniería y arquitectura.

Ámbito temático: Metodología docente.

Lengua: Castellano

Resumen. La enseñanza no presencial presenta un formato ideal para el aprendizaje basado en proyectos al no requerir la concurrencia de docente y discentes en el mismo lugar, permite el trabajo en equipo y se puede desarrollar fuera de un espacio académico. Tal vez, la principal limitación de esta metodología aplicada a la enseñanza no presencial reside en el contenido monográfico de las asignaturas.

En este trabajo se presenta una experiencia donde se supera esta limitación mediante la concurrencia de estudiantes de las 7 asignaturas optativas que forman la intensificación de “Ingeniería de Materiales y Procesos” para formar “equipos de ingeniería” que abordaran un único proyecto, de forma competitiva, como enseñanza no presencial en la titulación de Ingeniería Técnica Industrial (especialidad mecánica) de la EUETIB.

El proyecto se plantea como un encargo de un “cliente” (profesor), con unas especificaciones de producto y un plazo de desarrollo. El profesor también actúa como “supervisor-asesor” externo que encauza o desatasca el trabajo, pero no genera soluciones.

Al final del trabajo, el proyecto se defiende ante el “cliente” y se le entregan las especificaciones del diseño y de fabricación. Finalmente, los propios estudiantes actúan como mercado, escogiendo la opción que “comprarían” entre su “competencia”.

1 INTRODUCCIÓN

El cambio de tendencia en la formación universitaria dentro del espacio europeo de educación superior (EEES), desde la enseñanza al aprendizaje, provoca un desplazamiento del motor de la actividad docente desde el profesor al estudiante. Esta nueva situación modifica los roles tradicionales de la formación, donde el docente determinaba, buscaba y explicaba la totalidad de los contenidos de la asignatura, y abre la ventana a un conjunto de nuevas actividades, en las cuales el profesor pierde parte del

protagonismo a favor de los estudiantes.

Una de estas situaciones es el aprendizaje no presencial. Este tipo de actividades, donde por definición y mientras se realice la actividad, estudiantes y profesores no deben coincidir en lugar o tiempo [1], son un lugar idóneo para la transferencia de protagonismo hacia el discente. El mero hecho de impedir al docente compartir espacio con el estudiante, facilita enormemente que la fuente de conocimientos de éste deba moverse hacia otro foco y el profesor sólo actúe como moderador u orientador en el proceso.

Además, este tipo de enseñanza permite una mayor flexibilidad horaria al estudiante pero forzando una situación de contorno que le obliga a ejercitar habilidades individuales y colectivas para la resolución de problemas. El resultado debería ser un estudiante con una mejor formación en los contenidos adquiridos, una mayor autonomía en la búsqueda de información relevante, una mayor destreza en la elaboración de resultados y una mayor seguridad en su presentación y defensa; habilidades todas ellas que, previsiblemente, le ayudarán a desenvolverse y a adaptarse mejor en un mundo laboral competitivo y cambiante.

En este contexto, parece lógico utilizar este tipo de metodología docente en las enseñanzas técnicas donde el objetivo principal es formar profesionales (ingenieros o arquitectos) que, entre otras muchas cosas, sean profesionales responsables, con capacidad de adaptación a su entorno, con habilidades informacionales, capaces de generar soluciones imaginativas, de negociar y de trabajar en equipo. Además, y en muchas ocasiones, deberán ser los responsables de los proyectos de ingeniería o de arquitectura, coordinadores de equipos de trabajo y representantes de las empresas en las que trabajan o gestores de sus propias empresas.

Finalmente, y dado que el aprendizaje no se obtiene con la titulación sino con la formación, las enseñanzas de tipo técnico son un entorno especialmente adecuado para el aprendizaje basado en proyectos porque permite fomentar las habilidades específicas de este tipo de actividad laboral y actúan como simulador de lo que será su quehacer diario. De éste modo se pueden paliar deficiencias, corregir actitudes incorrectas y potenciar fortalezas en sus fases iniciales del aprendizaje, generando profesionales con mejores habilidades.

Por otra parte, se considera que la compartimentación del conocimiento en asignaturas muy centradas en los contenidos y muy concentradas en el tiempo facilita la transmisión y la adquisición de contenidos pero limita el carácter transversal de ese conocimiento, hasta el punto que muchos de nuestros estudiantes olvidan los contenidos una vez superada la asignatura y los hacen estancos, porque no necesitan relacionarlos con los contenidos de otras asignaturas que cursan simultáneamente o que ya han cursado con anterioridad.

Aunque el aprendizaje basado en proyectos busca romper esa estanqueidad de conocimientos y su fusión con el aprendizaje no presencial ha presentado resultados satisfactorios en el campo de las ingenierías [2], la organización de los estudios en asignaturas estancas limita el alcance de los proyectos a resolver, restringe la eficacia de la metodología y limita su utilización.

2 OBJETIVOS.

El principal objetivo de este estudio es proponer, ejecutar y analizar los resultados de un procedimiento de organización del aprendizaje no presencial que fomente el carácter transversal del conocimiento y rompa el concepto de contenido monográfico de las asignaturas tradicionales y aplicarlo a estudios de ingeniería. Se pretende, por tanto, un acercamiento al mundo real donde los problemas ingenieriles no pueden encasillarse según el contenido de una de las asignaturas que constituye nuestros planes de estudio ni tan siquiera en el conjunto de asignaturas de una sola área de conocimiento.

Un segundo objetivo es promover el aprendizaje y la enseñanza entre iguales (“peer-learning” y “peer-teaching”). Se considera que los estudiantes provenientes de distintas asignaturas aportan sus conocimientos al resto del grupo y que estos conocimientos son complementarios y necesarios. Además, la participación de un mismo estudiante por lo menos en dos proyectos consecutivos (dos cuatrimestres lectivos consecutivos) permite crear los roles de “júnior” y de “senior” siendo estos últimos los que aportan su experiencia anterior para mejorar la organización y resultados del grupo.

El tercer objetivo es enfrentar a los estudiantes al mundo real donde la mejor solución técnica no asegura un éxito comercial, los materiales o componentes deseados no se encuentran en el mercado local, los proveedores no responden en los plazos previstos, el proyecto debe adaptarse a lo disponible, no siempre existe la información deseada, las decisiones implican responsabilidad, etc.

Se pretende romper la vertiente académica de los trabajos e introducir a los estudiantes en los usos industriales donde se prima el factor tiempo, la sencillez en la resolución, el carácter comercial y los costes por encima de la optimización de la solución y la rigurosidad de la recopilación de antecedentes. También se fomenta la utilización de técnicas de venta en las presentaciones de los proyectos.

Por último, se desea estimular el carácter emprendedor y la iniciativa de los estudiantes. Por esta razón los proyectos propuestos son completamente abiertos y fuerzan la creación de hipótesis, la asunción de condiciones de contorno, la elección entre alternativas, el análisis de costes, la viabilidad económica del producto, etc.

3 DESCRIPCIÓN

3.1 El contexto.

El presente proyecto se ha desarrollado en el entorno de una escuela de ingeniería técnica industrial, concretamente la “Escola Universitària d’Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona” (EUETIB), donde se imparten las especialidades Electricidad, Electrónica Industrial, Mecánica y Química Industrial de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial.

Durante la última revisión del plan de estudios (plan de estudios 1995, revisión 2002), la EUETIB decidió organizar sus estudios comprimiendo las asignaturas obligatorias a las estrictamente reguladas por la normativa emitida por el Ministerio de Educación y Ciencia que establece el número y contenido de las asignaturas troncales de las distintas especialidades de los estudios oficiales de Ingeniería Técnica cursados en España. Simultáneamente, se amplió al máximo permitido la optatividad y se mantuvo el

porcentaje del Proyecto Fin de Carrera en el 10% del número de créditos de la titulación. También en esta revisión se unificó el porcentaje de la carga de trabajo no presencial evaluable de las asignaturas optativas que quedó establecida en un mínimo del 12.5 % de la carga lectiva de cada asignatura.

Esta revisión de los planes de estudio también prevé la organización de esta optatividad en bloques de intensificación dentro de una titulación, o bloques de intensificación transversales a varias titulaciones. Estas intensificaciones vienen a ser una especialización dentro de la titulación, pero sin perder la generalidad propia de la carrera de Ingeniería Técnica Industrial que queda garantizada por los contenidos establecidos en la normativa ministerial.

En todos los casos, un estudiante debe seleccionar una serie de asignaturas optativas de entre la oferta existente hasta completar el número de créditos establecido en el plan de estudios. El estudiante tiene total libertad para escoger el conjunto de asignaturas optativas que desee. Si su elección cumple unos determinados requisitos, el estudiante obtiene un diploma emitido por la EUETIB que complementa al título oficial emitido por el Estado. En este diploma constan las asignaturas cursadas y la intensificación alcanzada. Si su elección no cumple con esos requisitos, el estudiante no obtiene el dicho diploma de intensificación.

Para la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica, la Escuela ofrece las seis líneas de intensificación siguientes:

- Energía: Tecnología, sostenibilidad y gestión (intensificación transversal a otras varias titulaciones).
- Estructuras, construcciones e instalaciones industriales.
- Ingeniería biomédica (intensificación transversal a varias titulaciones).
- Ingeniería de diseño mecánica y de procesos de fabricación.
- Ingeniería de materiales y procesos.
- Tecnologías energéticas, climáticas y medioambientales.

El estudiante que escoja una de estas líneas de intensificación ha de superar 54 créditos de los 225 totales de la titulación, en la forma siguiente:

- El total de los 30 créditos de las asignaturas específicas agrupadas en el primer bloque de la optatividad, que definen la línea de intensificación, y que constituyen su núcleo duro.
- Un mínimo de 12 créditos a escoger de entre las asignaturas del segundo bloque, consideradas asignaturas complementarias y que forman el núcleo blando de la intensificación.
- El resto de créditos hasta alcanzar los 54, de entre las asignaturas generalistas que constituyen el tercer bloque y que permiten un cierto grado de interdisciplinariedad.

Además, el estudiante que desea obtener el diploma debe realizar y superar su Proyecto Final de Carrera (PFC) en una temática propia de la línea de intensificación escogida.

Los estudiantes que han participado en el presente trabajo han sido estudiantes de la especialidad mecánica, que han escogido la intensificación de “Ingeniería de materiales y procesos”. Estos estudiantes tienen como primer bloque de optativas el siguiente:

Primer bloque de Ingeniería de materiales y procesos (*)	Créditos	Cuatrim.
Tecnología de Materiales Metálicos (TMM)	6	3
Tecnología de Materiales Plásticos (TMP)	6	3
Acabados y Recubrimientos Superficiales (ARS)	6	4
Conformado Plástico de Materiales Metálicos (CPMM)	6	4
Tecnología de Materiales Cerámicos y Compuestos (TMCC)	6	4

* Estas asignaturas se imparten en los cuatrimestres de otoño y primavera de cada curso.

El segundo bloque de asignaturas está formado por:

Segundo bloque de Ingeniería de materiales y procesos(*)	Créditos	Cuatrim.
Implantes Biomédicos (IB)	6	4
Ensayos No Destructivos y Control de la Calidad (ANDCC)	6	5
Corrosión y Degradación de Materiales (CDM)	6	5
Fabricación de Piezas por Moldeo y por Deformación Plástica (FPEDP)	6	5
Materiales para Herramientas de Corte i Conformado (METC)	6	5

* Estas asignaturas solamente se imparten en un cuatrimestre de cada curso.

En todos los casos, el cuatrimestre que figura en las tablas se refiere al cuatrimestre mínimo en que se puede cursar una determinada asignatura y que, por tanto, antes se han tenido que cursar todas las asignaturas troncales de los cuatrimestres anteriores. Además, cada asignatura puede tener otros prerrequisitos o correquisitos que están recogidos en la correspondiente ficha técnica de cada asignatura.

El tercer bloque de optativas está formado por 37 asignaturas, todas ellas de 6 créditos y con diversos cuatrimestres de inició.

Además, el número de estudiantes en la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica, justifica que existan dos grupos completos (mañana y tarde) y, por tanto, todas las asignaturas troncales de toda la titulación se imparten en ambos grupos. Esta oferta permite que un estudiante realice todos sus estudios presenciales en uno de estos grupos y pueda compaginarlos con otras actividades. Pero a la vez obliga a una rotación adecuada de la oferta de las asignaturas optativas del primer y del segundo bloque que permita a un estudiante cualquiera poder realizar la intensificación de Ingeniería de Materiales y Procesos sólo en el grupo de mañana o en el de tarde y en el tiempo previsto en el plan de estudios.

Dado que el conjunto de las asignaturas involucradas hace inabordable un trabajo coordinado entre los estudiantes implicados, sólo han participado en el presente trabajo las asignaturas del primer bloque (Tecnología de Materiales Metálicos , Tecnología de Materiales Plásticos, Acabados y Recubrimientos Superficiales, Conformado Plástico de Materiales Metálicos y Tecnología de Materiales Cerámicos y Compuestos) y algunas del segundo bloque (Corrosión y Degradación de Materiales, Materiales para Herramientas de Corte i Conformado). Por otra parte, este conjunto de asignaturas son las matriculadas por la gran mayoría de los estudiantes.

3.2 Los participantes

Los participantes de este trabajo han sido los estudiantes matriculados en alguna de las asignaturas seleccionadas durante los cursos 04-05-Q1, 04-05-Q2, 05-06-Q1, 05-06-Q2, 06-07-Q1 y 06-07-Q2, coordinados por los autores que a la vez son responsables de dos de las asignaturas involucradas y con la aquiescencia de los profesores responsables de las otras asignaturas. Esta aquiescencia del resto de profesores se ha centrado en considerar que los trabajos realizados por los estudiantes eran adecuados y suficientes para cubrir la parte no presencial de sus correspondientes asignaturas y en admitir que la calificación colectiva obtenida por el grupo de trabajo interdisciplinar era válida como calificación individual de un estudiante concreto y una asignatura concreta.

Los estudiantes que han participado en este trabajo han sido agrupados en grupos de trabajo siguiendo los siguientes criterios:

- Los equipos han de tener una capacidad de trabajo similar y, en consecuencia, aproximadamente el mismo número de operarios (unos 6 en el presente caso). Puesto que un estudiante puede cursar simultáneamente más de una asignatura de la intensificación, se considera que ese estudiante equivale a tantos operarios como asignaturas de la intensificación objeto de este estudio curse en ese cuatrimestre. Se permite que un estudiante pueda representar hasta dos operarios en un mismo equipo pero no a más. Se considera que en caso contrario reduciría excesivamente la diversidad del grupo, por tanto, si un estudiante está matriculado en más de 2 asignaturas, participará en más de un equipo y resolverá más de un problema. Por organización del plan de estudios y los horarios, es prácticamente imposible que un estudiante represente a más de 4 operarios y, por tanto, pertenezca a más de 2 equipos.
- Un estudiante no puede ser competencia de sí mismo. Por lo tanto, en cada cuatrimestre es necesario plantear dos proyectos distintos para que ese estudiante participe en dos proyectos no competitivos.
- Los equipos deben estar constituidos por operarios “senior” (estudiantes que ya han participado en la experiencia) y “júnior” (aquellos que se incorporan por primera vez). El número de operarios de cada tipología debe ser similar entre los diversos equipos.
- Se procura que los estudiantes de cada equipo pertenezcan al mismo turno (mañana o tarde) o como mínimo tengan asignaturas en el mismo turno.

3.3 El procedimiento.

A cada equipo se le asigna un proyecto. El proyecto planteado debe ser sencillo pero no trivial, porque el objetivo no es poner a prueba los conocimientos y las habilidades de los estudiantes, sino fomentar su práctica. Un proyecto demasiado complicado puede desalentar al equipo y uno demasiado sencillo llevarles al tedio.

La envergadura y complejidad del proyecto ha de ser la adecuada porque debe desarrollarse con los recursos disponibles. Por lo tanto, es preciso calibrar bien su dimensión para no sobrecargar de trabajo al equipo encargado del proyecto. Además, el plazo de tiempo de ejecución debe ser menor que el periodo lectivo de un cuatrimestre

(4 meses en la EUETIB).

Es deseable que el tema del proyecto sea de aplicación industrial o de ingeniería real, porque ayuda a contextualizar la experiencia. Con este fin se informó de esta experiencia a diversas empresas del entorno y se les solicitó propuestas de posibles proyectos. Se considera que el interés de los estudiantes en el tema es un valor añadido importante. Cuanto mayor sea el interés de los estudiantes, mayor será su predisposición inicial al trabajo y su voluntad para superar las dificultades.

La asignación del proyecto se plantea como un encargo de una “empresa cliente” a un grupo de “ingenierías” (grupos de trabajo). La “empresa cliente” facilita un breve pliego de condiciones y una persona de contacto, así como una fecha de entrega de proyectos. Las “ingenierías” pueden entrevistarse con el contacto de la empresa cliente tantas veces como deseen, bien para obtener información adicional, bien para concretar especificaciones. La persona de contacto puede ser un profesor de la intensificación o algún empleado de la empresa real que ha propuesto el trabajo y se preste a ello.

El día de la presentación se convoca a todos los estudiantes implicados. Se sortea el orden de exposición y los equipos deben exponer su proyecto al resto de estudiantes, al grupo de profesores de la intensificación y, en su caso, al contacto de la empresa real. Los profesores y el contacto, actuarán como “dirección de proyecto” de la “empresa cliente”, y plantean cuestiones sobre el proyecto, su viabilidad, costes o forma de ejecución. El apartado de coste debe incluir necesariamente los costes de ingeniería asociados a la elaboración y redacción del proyecto, y a su presentación. Se desea poner valor a ese tipo de tareas específicas de diseño realizado en los departamentos de ingeniería (sean departamentos internos o empresas externas) porque los estudiantes no están habituados a asociar coste a su labor. También se insiste en los apartados de beneficios, impuestos y amortización de instalaciones, todos ellos apartados que los estudiantes suelen obviar y que les pueden causar problemas graves si continúan con esta actitud en el ejercicio de su actividad profesional.

Una vez finalizada todas las exposiciones, se pide a cada estudiante que escoja la opción que “comprarían” para cada problema, exceptuando aquellas en las que ellos han participado. De esta manera se puede estimar la “cuota de mercado” que cada solución podría obtener. Esto permite a los estudiantes saber cual ha sido la opción más comercial y buscar estrategias para mejorar sus resultados en futuras ocasiones.

La calificación de trabajo será realizada por el grupo de profesores de la intensificación. Esta se basará principalmente en la calidad del trabajo, aunque se tendrá en cuenta la opinión del contacto de la empresa y la “cuota de mercado” copada por cada opción entre sus compañeros.

3.4 El ejemplo

Uno de los proyectos realizados durante el curso 2006-2007 fue proponer mejoras en la tobera de salida de gas de un cohete reutilizable de uso meteorológico destinado al transporte de instrumental meteorológico hasta 12 km de altura. El proyecto debía centrarse en la selección de materiales y procesos de fabricación y proponer una mejora a la solución existente. Este tipo de cohetes está siendo desarrollado para el *Servei Català de Meteorologia*.

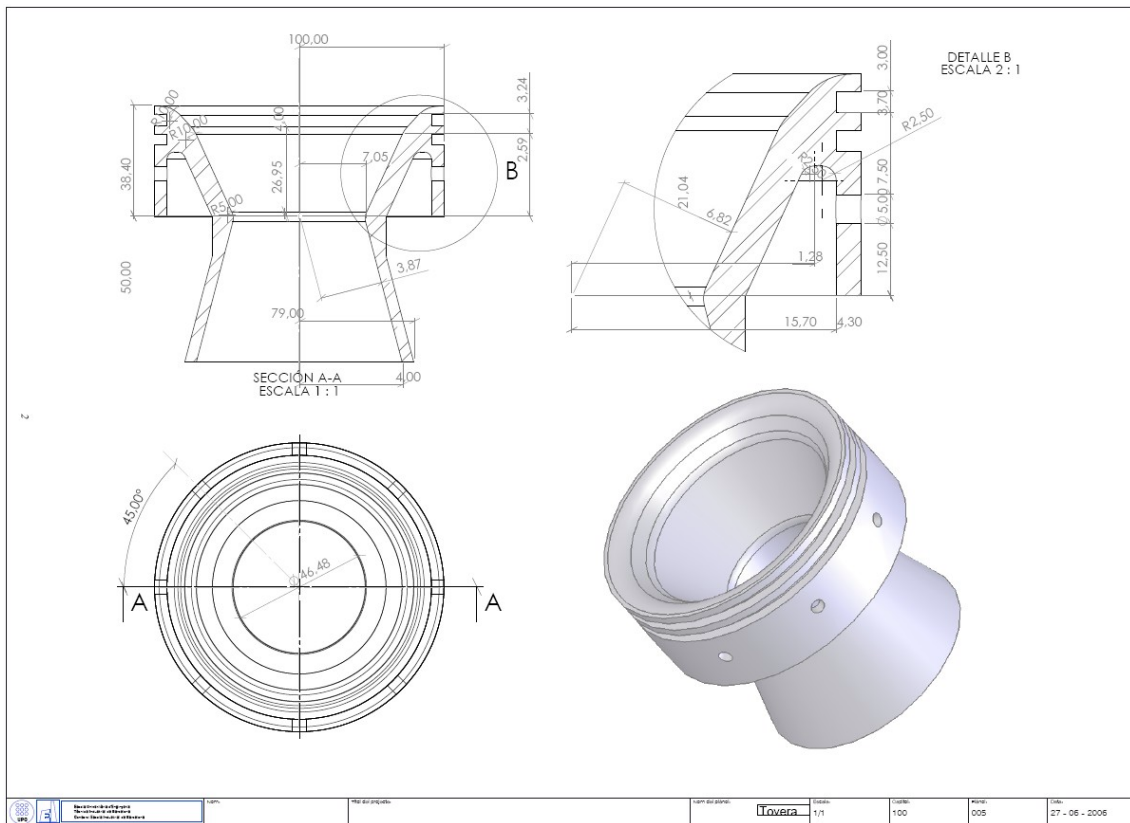


Figura 1: Plano de la tobera

El pliego de condiciones entregado a los estudiantes incluía una breve descripción de la utilidad de este tipo de cohetes, un esquema general del cohete y un esquema detallado de la tobera a mejorar de la que se conocía la geometría (figura 1), pero no se habían optimizado los materiales con qué fabricarla ni los procesos de fabricación. En el pliego se establecían las siguientes especificaciones de uso de la tobera:

- Debe soportar el paso de los gases de la combustión de nitrato potásico con sorbitol en una relación de 65/35 durant 10 s. Se adjuntaba la ficha adjunta (Figura 2) con las condiciones de la combustión, composición de gases generados, porcentaje de partículas sólidas no combustionadas que son expulsadas junto con los gases y que provocan abrasión en los perfiles de la tobera, etc.
- Temperatura de llama adiabática de 1098 K.
- Velocidad característica de los gases de 845 m/s.
- Presiones en la cámara de combustión de 2.76 MPa.
- Cada tobera debe resistir 60 lanzamientos sin padecer deformaciones críticas.
- El valor de fabricación unitario no puede superar los 400 € para series de fabricación de 100 unidades.

se solicitaba que la oferta económica incluyera una memoria técnica con:


```

PRINT - Llibreta
Fitxer Edita Formatació Visualització Ajuda
00 KN/SB Run using June 1988 Version of PEP,
Case 1 of 1 21 Nov 2005 at 10:23:58.75 pm

CODE WEIGHT D-H DENS COMPOSITION
821 POTASSIUM NITRATE 55.000 -1169 0.07670 1N 30 1K
1094 SORBITOL 45.000 -1776 0.05310 6C 14H 6O

THE PROPELLANT DENSITY IS 0.06392 LB/CU-IN OR 1.7692 GM/CC
THE TOTAL PROPELLANT WEIGHT IS 100.0000 GRAMS

NUMBER OF GRAM ATOMS OF EACH ELEMENT PRESENT IN INGREDIENTS
3.458156 H 1.482067 C 0.543973 N 3.113985 O
0.543973 K

*****CHAMBER RESULTS FOLLOW *****

T(K) T(F) P(ATM) P(PST) ENTHALPY ENTROPY CP/CV GAS RT/V
1196. 1693. 68.02 1000.00 -144.21 174.37 1.1630 3.010 22.597

SPECIFIC HEAT (MOLAR) OF GAS AND TOTAL= 9.664 13.002
NUMBER MOLS GAS AND CONDENSED= 3.0103 0.2720

0.79171 H2 0.73573 H2O 0.65864 CO 0.45181 CO2
0.27196 K2CO3* 0.27114 N2 0.09957 CH4 0.00162 NH3
3.47E-05 KHO 1.42E-05 CNH 1.26E-05 CH2O 3.39E-06 C2H4

THE MOLECULAR WEIGHT OF THE MIXTURE IS 30.466

*****EXHAUST RESULTS FOLLOW *****

T(K) T(F) P(ATM) P(PST) ENTHALPY ENTROPY CP/CV GAS RT/V
839. 1051. 1.00 14.70 -168.82 174.37 1.1691 2.798 0.357

SPECIFIC HEAT (MOLAR) OF GAS AND TOTAL= 9.534 12.138
NUMBER MOLS GAS AND CONDENSED= 2.7982 0.3684

0.76971 H2 0.69984 CO2 0.64267 H2O 0.27197 K2CO3&
0.27183 N2 0.25565 CO 0.15814 CH4 0.09641 C&
2.58E-04 NH3

THE MOLECULAR WEIGHT OF THE MIXTURE IS 31.580

*****PERFORMANCE: FROZEN ON FIRST LINE, SHIFTING ON SECOND LINE*****

IMPULSE IS EX T* P* C* ISP* OPT-EX D-ISP A*M EX-T
140.1 1.1782 1098. 38.69 2771.3 9.27 247.9 0.08615 632.
146.3 1.1152 1139. 39.26 2849.5 108.6 10.65 258.9 0.08858 839.

```

Figura 2: Ficha técnica de la atmósfera de combustión.

- Los cálculos de resistencia y los materiales de construcción.
- Los sistemas de fabricación de las partes no comerciales.
- Las especificaciones de los componentes comerciales.
- Los proveedores de materiales y/o componentes y los precios.
- Los proveedores de las operaciones de conformado y/o unión y los precios.
- El precio unitario para una serie de fabricación de 100 unidades.

y se establecía el día y lugar de la presentación de la oferta pública, y la persona de contacto de la empresa diseñadora de los cohetes por si era necesario recabar más información o proponer modificaciones en el diseño.

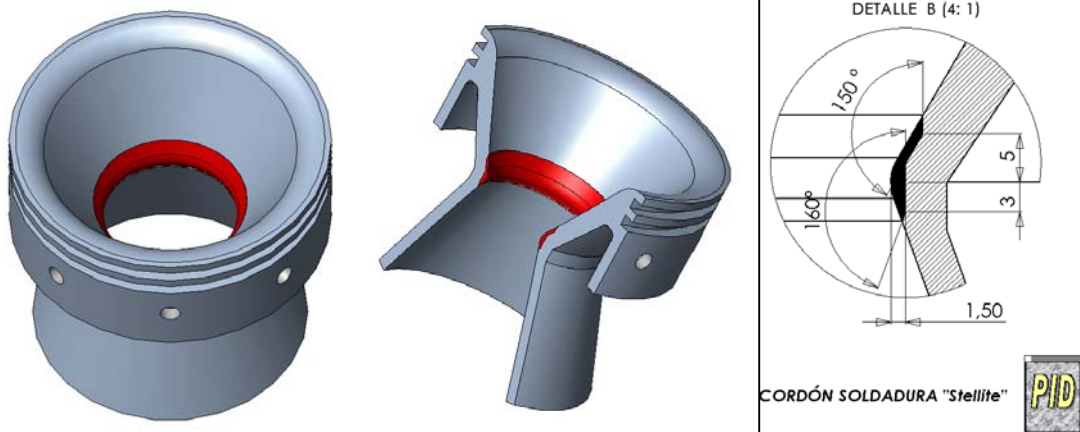
3.5 El resultado

En un principio los equipos de estudiantes no saben concretar las hipótesis de trabajo y

en consecuencia no saben afrontar el problema. Pero cuando finalmente descubren que no se trata de dar con la solución correcta, sino con una de las múltiples soluciones viables, empiezan un proceso de generación de hipótesis, percepción de problemas y corrección de estos, que los lleva a moverse e ir desarrollando el proyecto.

El segundo punto de parada lo encuentran cuando perciben que la limitación de costes, limita la posibilidad de satisfacer condiciones técnicas y que deben optar por soluciones con defectos técnicos, pero comercialmente más viables. Tal vez, éste punto sea el que su estructura mental, adaptada al trabajo académico, se resiste más en romper y precisa de una mayor conducción o asesoramiento por parte del profesor.

Finalmente se desarrolla una memoria, generalmente bastante apta. En nuestro ejemplo, la memoria técnica de la mejor oferta incluía un análisis de las solicitaciones a las que estaría sometido el material de la tobera durante su vida en servicio deducida de las condiciones de trabajo previstas, una lista de las propiedades del material que deberían optimizarse para cumplir con esas solicitaciones y una propuesta de los materiales que compilan con esas solicitaciones. En este mismo documento se incluía un resumen técnico de las propiedades que cada material aportaba y la razón de su elección, la zona de tobera en que se utilizaría, la compatibilidad de esos distintos materiales en las zonas de unión, la forma de unirlos, las consecuencias de esa unión sobre sus propiedades y la secuencia de las operaciones de unión y mecanizado. En concreto se propuso un acero inoxidable de una calidad distinta a la usada inicialmente porque mejora su resistencia a la corrosión a temperatura alta y en presencia de los gases de combustión producidos, un sistema de unión por soldadura de las dos zonas de la tobera y el aporte mediante soldadura de un material resistente al desgaste a temperatura elevada en la zona de mayor fricción (zona roja en la imagen). El mecanizado posterior permitía obtener las tolerancias y acabado superficial establecido en las especificaciones.



De este modo se mantenía el buen comportamiento mecánico frente a las vibraciones del conjunto, la buena resistencia al desgaste de la zona sometida a mayor fricción y el coste final en los rangos previstos. Esta solución también permitiría la reutilización de toberas mediante nuevo aporte de material en la zona de mayor desgaste, aunque este aspecto no estaba especificado en el pliego de condiciones.

El grupo de estudiantes que presentó esta propuesta estaba formado por 4 personas con una capacidad equivalente a 7 operarios y que, en conjunto, habían cursado o estaban cursando las asignaturas Acabados y Recubrimientos Superficiales, Conformado de Materiales Metálicos, Tecnología de Materiales Metálicos, Tecnología de Materiales

Cerámicos y Compuestos, pero ninguno las había cursado todas y, por tanto, estaban obligados a compartir conocimiento. Uno de los miembros del grupo estaba trabajando en el sector de la transformación metálica, lo que sin duda ayudó en la búsqueda de presupuestos y empresas, y en elección de procesos de fabricación.

4 CONCLUSIONES

A través de la implementación de esta metodología no sólo se consigue potenciar en los estudiantes las temáticas propias de cada asignatura, sino romper las barreras entre ellas y crear sinergias entre los diversos contenidos. El método fuerza a los estudiantes a obtener información de diversas asignaturas y a interrelacionarlos correctamente para llevar el proyecto a buen fin. Así mismo, se fomentan aptitudes transversales como: el trabajo en equipo interdisciplinar, la expresión oral, la documentación, la iniciativa o la toma de decisiones.

Se ha observado que los estudiantes que ya trabajan en entornos de ingeniería, se adaptan más fácilmente al cambio desde el contexto académico al contexto “industrializado”, y suelen liderar los equipos que obtienen mejor información relevante al proyecto, que proponen procesos de fabricación más realistas, que presentan presupuestos más ajustados y documentados y que, finalmente, obtienen mejor aceptación entre sus compañeros cuando esos actúan como “compradores”. Esta correlación se interpreta como una verificación de la utilidad de esta metodología en el tránsito desde un entorno académico basado en la mera transmisión de conocimiento a un entorno donde se simula un mundo industrial, aunque nunca llegue a perder la tutela académica, en el que es necesario tomar la iniciativa y donde se desenvuelven mejor aquellos estudiantes que compaginan sus estudios con la práctica industrial.

Durante los seis cuatrimestres que ha durado esta experiencia se ha constatado que los resultados globales de los estudiantes mejoran conforme la experiencia tenía un mayor número de cuatrimestres de bagaje. Se considera que esto se debe a que los estudiantes adoptaban como propias las mejores estrategias tanto de los equipos en que han participado anteriormente como de los proyectos del resto de estudiantes. Parte de este conocimiento lo aplican al cuatrimestre siguiente, facilitando, en su papel de “seniors” un mejor modelo a sus compañeros de equipo y de intensificación. De esta manera, a través del “peer-teaching” entre “seniors” y “juniors” se crea un poso de conocimiento que se incrementa en cada cuatrimestre con las nuevas aportaciones y perdura gracias a la repetición de la experiencia, aunque los actores sean distintos.

5 BIBLIOGRAFIA.

- [1] *“Normativa Académica Específica de la EUETIB”* EUETIB, Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.
- [2] J. Llumà, M. Manzanares, J. Rodríguez y A. Bordoy *“Pequeños proyectos de ingeniería como enseñanza no presencial”* Actas XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas p 1365-137, Barcelona, 2004.