

## ANALOGÍAS ENTRE ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y PROCESO INDUSTRIAL QUÍMICO

El presente trabajo constituyó la base y el hilo conductor de la conferencia impartida con motivo de la XII entrega de diplomas a los nuevos Ingenieros Navales y Oceánicos e Industriales.

Tres condiciones se decidieron, en base a la experiencia, que debería reunir la charla a impartir, sencilla, amena y asequible para los oyentes, tratar temas actuales, y breve en el sentido estricto de la palabra, no en el coloquialmente empleado por el profesor y entendido por el alumno en sentido contrario pero evidentemente real “largo, genérico y difuso”.

Bajo el título “Analogías entre espacio europeo de educación superior y proceso industrial químico”, se presentan nuestras consideraciones sobre la “Formación de Ingenieros”, reflejada en el esquema de la figura 1.



Figura 1

Entendemos que el aprendizaje ha de ser constructivo, útil y eficaz, mediante la cooperación profesor-alumno y de cada uno de estos con el grupo, de forma que se facilite, al ingeniero, la consecución de un perfil polivalente, crítico, responsable e inconformista con lo conseguido, por su deseo continuo de superación y por mejorar su saber hacer.

Siguiendo a Julián Marías, creemos que “La función del profesor es pensar delante de los estudiantes, pensar con ellos. El profesor ha de plantearles cuestiones para que surja el diálogo de forma natural”, pero sin coaccionar, sin avasallar al estudiante, que se ve, en esos casos sin palabras. En este sentido Fernando Savater en su libro “El valor de educar” es muy firme al manifestar que “El profesor no puede cortocircuitar el ánimo rebelde del joven con la exhibición desafortunada del propio” ..... “el esfuerzo educativo es siempre rebelión contra el destino” es siempre buscar la mejora y superar la disconformidad.

- FORMACION DE INGENIEROS

- “La función del profesor es pensar delante de los estudiantes, pensar con ellos” “... hay que empezar por plantearles cuestiones, entonces surge naturalmente el dialogo” J. Marías, “La misión del profesor universitario y su actuación ética”
- “El profesor no puede cortocircuitar el ánimo rebelde del joven con la exhibición desafortunada del propio” ..... “el esfuerzo educativo es siempre rebelión contra el destino ...” F. Savater, “El valor de educar”

La Química es una materia totalmente necesaria en la formación de ingenieros, al constituir la base para comprender las propiedades de los materiales y productos, las reacciones involucradas en sus procesos de fabricación, los subproductos y residuos generados en los procesos y el impacto ambiental de materiales, productos y procesos.

A pesar de ello, no tiene buena imagen, siendo frecuente encontrar el término quimifobia incluso en alumnos de las facultades más directamente ligadas a la enseñanza de la Química.

- QUIMIFOBIA

- Siendo la Química base para la vida cotidiana y por tanto fundamental en multitud de procesos y productos industriales, no suele tener buena acogida entre los estudiantes de ingeniería.
- En algunas encuestas, sobre confianza en las distintas profesiones, los químicos aparecen en la última categoría (junto a vendedores coches usados)

Como contrapartida a lo anteriormente comentado queremos resaltar la INGENIEROFILIA, entendiéndola por tal la magnífica aceptación y excelente imagen de los ingenieros en la sociedad en general, independientemente del ámbito empresarial en que desenvuelven su actividad.

Esta excelente imagen puede volverse en contra de la ingeniería, en tanto que otros colectivos deseen acercarse a algo similar pero sin realizar el ingente esfuerzo necesario para alcanzar el título. Este tipo de pensamientos no están lejos de la órbita de quienes pretenden, sin atreverse a defenderlo directamente, crear títulos que incluyan la palabra ingeniero sin que los contenidos formativos que se fijan para ello se correspondan en absoluto con el rigor, la dificultad y el esfuerzo propios de un título de ingeniería.

A pesar de estos precedentes (Quimifóbicos), pretendemos comentar la actual situación de formación de Ingenieros (EEES y decretos de grado y posgrado) apoyándonos en la Química.

Para ello, y en orden a alcanzar uno de los objetivos del nuevo EEES como es la necesaria innovación educativa, hemos de establecer algún paralelismo o equivalencia entre la fabricación de un producto químico y la “fabricación” de Ingenieros. Al considerar a los Ingenieros (Naval e Industrial en nuestro caso) como un producto de gran demanda y alta cotización deberíamos elegir, para la analogía, un producto químico de esas características → Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

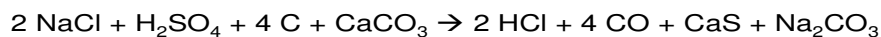


## ANALOGIAS ENTRE EEES Y PROCESO INDUSTRIAL QUIMICO

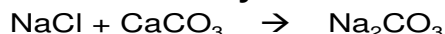
Ingeniero <> Producto químico (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

Proceso fabricación Producto <> EEES-PE para “fabricar” Ingenieros

**Proceso Leblanc**



• **Proceso Solvay**



• **Alumno + Profesor → Ingeniero + Otros**

– **Cambios en los procesos**

- Escuelas dependientes de ministerios
- Incorporación de Escuelas a la Universidad
- Examen de ingreso (selección de alumnos)
- Cursos 1º y 2º selectivos

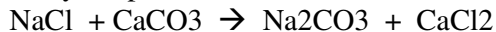
Al igual que los ingenieros el carbonato sódico se considera muy útil desde la antigüedad, al ser, este último, la base de jabones y álcalis débiles.

Hasta el siglo XIX (1823) se obtenía por lixiviación de cenizas, con satisfacción para sus usuarios y fabricantes. Sin embargo el cambio industrial iniciado ya a finales del siglo XVIII propició una necesidad de álcalis muy superior a la, hasta ese momento, demandada y fabricada, por lo que elevó enormemente su precio hasta denominarse “oro blanco”.

Esta ampliación de demanda demostró de inmediato la insostenibilidad del proceso de fabricación empleado con éxito hasta ese momento, por lo que la Academia de Ciencias de Francia ofreció un premio de 100.000 francos a quien propusiese un nuevo proceso de obtención de sosa.

Leblanc, tratando la sal común con ácido sulfúrico obtuvo el producto deseado, aunque no solo no cobró el premio, al estallar la Revolución Francesa, sino que terminó arruinado y suicidándose.

El conocido y apreciado proceso Leblanc solo duró 70 años, siendo sustituido por el que patentó en 1872 el químico industrial y fabricante belga Ernest Solvay, más barato y sin problemas adicionales de residuos o subproductos.



Las mejoras en el proceso continúan hasta hoy, manteniéndose el producto, al no ser objeto de duda y discusión por nadie su utilidad y valor, habiendo sido preciso, simplemente, cambiar su proceso de fabricación para hacerlo a menor coste y con subproductos y residuos susceptibles de reutilización.

En la formación de ingenieros también pueden distinguirse varias fases. La primera desde su inicio, 1772 para la ingeniería naval y 1850 (4/9/1850 Decreto de Seijas Lozano) para la Industrial, hasta el primer tercio del siglo XX con la aparición (1933) de la Escuela Especial de Ingenieros Navales y 1901 para II (Reinstauración de la Escuela de Madrid). En esta primera etapa el objetivo era crear Cuerpos Facultativos y Consultivos del Gobierno en las artes industriales y de la navegación que permitiesen crear y desarrollar tecnología propia en línea con lo expuesto por Menéndez Pelayo “infortunado será el país que se limite a utilizar ciencia importada”.

Entrando ya en la analogía, Figura 2, el esquema de presentación que se pretende realizar parte de la equivalencia entre la fabricación del carbonato sódico y la de ingeniero comenzando por definir los reactivos y los productos de forma similar a como se establecen en una reacción química.



## ANALOGIAS ENTRE EEES Y PROCESO INDUSTRIAL QUIMICO

- Esquema de presentación: Fabricación de producto vs ingeniero ??

Producto Químico

Proceso + MP + KH + React-Cat = Producto

Formación de Ingenieros

– EEES-PE + Alumno + EPS + Prof = Ingeniero

Figura 2

Antes de iniciar la descripción de cada sistema referido, parecería lógico, aunque no se esté haciendo así en el caso de la ingeniería, comenzar definiendo el producto a fabricar y fijando sus especificaciones.

En el caso de la ingeniería cada día se avanza más en este sentido, acotando más el término ingeniero y especificando sus atribuciones, siendo preciso ya para trabajar en diversos ámbitos disponer de la Tarjeta Profesional del Ingeniero Europeo (que incluye una certificación de la cualificación formativa del ingeniero referido), cumplir lo indicado en la Directiva 2005/36/CE sobre reconocimiento de cualificaciones profesionales y en un futuro inmediato verificar que se cumplen los requisitos en los planes de estudio conducentes a la obtención de los títulos de Máster que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero ...

La INGENIEROFILIA citada anteriormente está basada en la convicción de que el producto ingeniero es bueno, versátil y aporta garantía de calidad en su utilización. Quizá por ello, aunque sin emplear ese término, comentaba, ya hace unos años, el Prof. J.R. Figuera: “para puestos de responsabilidad, al margen de la correspondencia titulación/puesto las empresas prefieren ingenieros a todos los restantes titulados universitarios”

Iniciamos los comentarios al esquema de fabricación, presentado en la anterior figura, con el proceso de fabricación, que para la formación de ingenieros se correspondería con el tan traído y llevado EEES.

Como aclaración, si ello es posible, cabría preguntarse ¿Qué es, o debería ser, el EEES?. Desde el inicio de su andadura en 1990 con la Declaración de Bolonia, se presentan en los puntos siguientes los cuatro aspectos principales a resaltar, sobre lo que supone el EEES:

- A. Una **oportunidad de mejora de calidad** de la docencia universitaria. La mejora de calidad como meta del EEES.
- B. Un **cambio de paradigma**:
  - De un sistema basado en enseñanza del profesor
  - A un sistema basado en **aprendizaje del estudiante**
- C. **Transparencia**: contrato profesor-alumno (ECTS)
- D. Una apuesta **por una formación integral**:
  - contenidos científicos
  - **capacidades** (estudiantes como profesionales y ciudadanos)

El crédito europeo o ECTS se definió ya en el RD 1125/2003 como “Unidad de medida que refleja los resultados del aprendizaje y volumen de trabajo realizado por el estudiante ....” ¿Poniendo en valor la motivación y el esfuerzo del estudiante por aprender?

La puesta en valor del esfuerzo del estudiante por aprender podría ser malinterpretada si como sucede en la ingeniería (Física) se pretendiesen hacer equivalentes esfuerzo y trabajo (útil).

- También quisiéramos resaltar lo que, entendemos, no es o no debería ser el EEES:
- ♦ Ni mera reforma académica, ni mera reforma normativa.

- A. Un **cambio administrativo** en forma de medir la dedicación de los alumnos (y profesores?):
- B. Una obligación de preparar una **tabla de equivalencias** entre horas de clase (crédito tradicional) y horas de trabajo del alumno (crédito ECTS)
- A. Crear **nuevas víctimas del sistema**:
  - **Profesor**: convertir una asignatura en una “*gimkana* de capacidades”
  - **Alumno**: una “oportunidad” para dar menos clases y que los alumnos hagan todo por su cuenta
  - Como refería un decano del SUG, crítico con el cambio de paradigma citado, ECTS para algunos tiene un significado claro “Estudia Calamidad Tu Solo”, aunque para la C no fuese exactamente Calamidad la palabra empleada.

Quizá para entender la distorsión en las fases del proceso de construcción del EEES, debiésemos ver de donde partíamos y donde deberíamos ir.

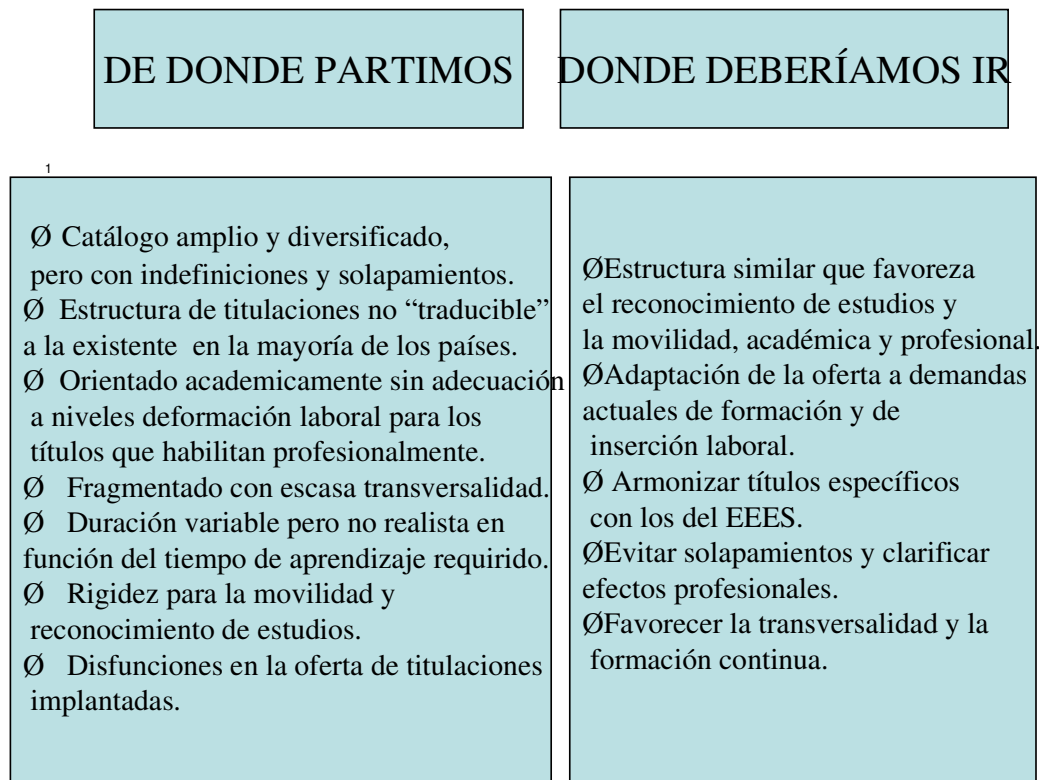


Figura 3

Con lo antedicho podríamos interpretar que sobre el EEES (como equivalente al proceso industrial) debería estar hecho y asumido por la comunidad universitaria casi todo, de forma que pudiésemos iniciar, con cierta garantía de éxito el proceso de fabricación de ingenieros.

Sin embargo seguimos preguntándonos ¿de que depende el éxito de la adaptación al EEES?, y aunque suelen darse razones del tipo:

- Cambios culturales (instituciones, profesores y alumnos)
- Cambios organizativos (instituciones, profesores)

- No confundir (ni utilizar como excusa) el cambio de planes de estudio con el cambio de modelo docente
- Recursos económicos insuficientes

Consideramos que lo fundamental del potencial éxito es **saber que queremos y cómo hemos de hacerlo**, es decir de saber que producto (que tipo de ingeniero) queremos fabricar. Para ello, y aun entendiendo como necesario los contenidos a cumplimentar en el proyecto de título oficial indicado en el Anexo I del RD 1393/2007, resultan claramente insuficientes para definir a los ingenieros.

La insuficiencia referida sobre los títulos de ingeniero, ampliable al conjunto del EEES, no es solo una opinión particular y aislada sino más bien mayoritaria como se refleja en algunas de las opiniones recogidas en diferentes medios de prensa en los tres últimos meses.

Frente a estas opiniones, normas, decretos, recomendaciones, etc, en relación con el EEES, la actitud de la comunidad universitaria es, a nuestro entender, de:

- Desconocimiento
- Apatía
- Inconformidad del alumnado frente al anunciado cambio
- Alejamiento del proceso de los sectores industrial y naval
- Colegios profesionales (en relación dispar con la universidad)
- Másteres propuestos con resultados discutibles y sensación de desconcierto y pérdida de rumbo  
*y frente a ellos*
- Títulos de ingeniería acreditados en la Sociedad y con amplia demanda en sus actuales versiones

**que en base a una vapuleada necesidad de armonización, se pretende cambiar.**

Con todo lo antedicho hemos tratado de fijar el proceso de fabricación y como hemos visto sin gran éxito hasta el momento, al quedar aun muchas variables (“flecós” según algunos) por definir y acotar.

Como ingeniero tratar de iniciar la fabricación de un producto sin tener totalmente definido el proceso que habría que seguir para ello, choca contra todos los protocolos, reglas y normas del más elemental de los manuales de fabricación. Si a esto le añadimos que tampoco habíamos fijado con exactitud el producto a fabricar, las posibilidades de éxito en cuanto a la bondad y aceptación del producto fabricado serían más bien escasas.

Siguiendo con nuestra analogía, para el EEES podríamos hablar de la teoría del caos. El Prof. Scala en su discurso de ingreso a la Real Academia de Doctores indicaba **“El caos es, pues, consecuencia de la gran sensibilidad que presentan ciertos sistemas mecánicos descritos por sistemas de ecuaciones diferenciales no lineales, a los errores con que se dan las condiciones iniciales y de la exactitud con que los cálculos se efectúan”** y efectivamente si cambiamos “sistemas mecánicos” por “colectivos universitarios” “sistemas de ecuaciones” por “intereses personales y/o de grupo” podría quedar perfectamente ajustada la definición de error y comprendida la actitud referida de la comunidad universitaria.

**“El caos es, pues, consecuencia de la gran sensibilidad que presentan ciertos colectivos universitarios descritos por intereses personales y/o de grupo, a los errores con que se plantean las condiciones iniciales y de la exactitud con que los cálculos se efectúan”**

Otro término propio de la ingeniería y de la química, la Entropía, entendida como: medición de la cantidad de restricciones que existen para que un proceso se lleve a cabo y como determinista también de la dirección de dicho proceso nos puede resultar muy útil para un mejor hacer en el EEES

Definido el proceso sin definirlo, algo que puede ser propio de otros saberes, pero totalmente impropio e inaceptable en el campo de la ingeniería, entendida ésta como “el arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento o utilización de técnicas industriales en todas sus determinaciones” (Diccionario de la lengua española) y a los ingenieros como prácticos y cuadrículados, nos condicionan a que sigamos con el “proceso”. Como disciplinados y metódicos, como también se nos define a lo ingenieros, vamos a continuar con las analogías en la formación, que habíamos iniciado.

La segunda analogía presentada, correspondía a la de alumno frente a materia prima. Quizá la idea más extendida en el campo de la ingeniería es la necesaria selección de la materia prima en función del producto a obtener y del proceso a seguir en su fabricación. Si no se fijan especificaciones concretas para la materia prima podríamos encontrarnos con una gran variedad de productos, subproductos y residuos y con escaso rendimiento en sus resultados.

Multitud de ejemplos podrían mostrarse en Química e Ingeniería, baste citar el agua de mar como, potencial, materia prima para todo, dada su aceptada definición de que “tiene de todo un poco pero demasiado poco de casi todo”. Igualmente en la obtención de cualquier metal, no se parte del conjunto mineral, de mena y ganga, sino que se elimina previamente la ganga o estéril que lo acompaña para disminuir costes de producción y mejorar el rendimiento. El aluminio suele citarse como ejemplo del necesario tratamiento de la materia prima, bauxita, para el éxito en su fabricación.

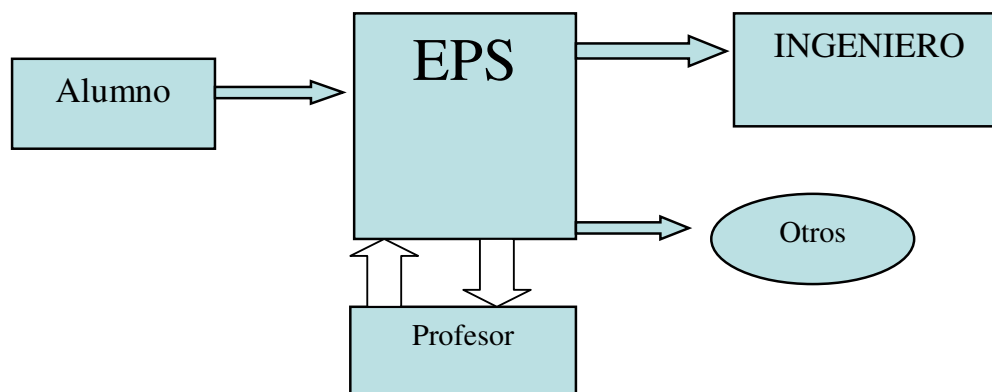
A nivel educativo se ha abordado este tema, de tratamiento y adaptación de la MP, de forma puntual, deshilvanada y discontinua, mediante los “cursos cero” con resultados poco alentadores en general, en cuanto a rendimiento y efectividad.

También podríamos apoyarnos en la termodinámica y cinética de una reacción química, como sería la comentada de alumno mas profesor, para justificar si un proceso académico, es o no viable, y si lo es a que velocidad se produciría.

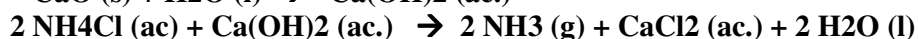
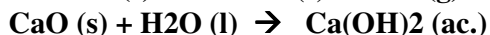
Ø Analogía con Termodinámica y Cinética

- En las reacciones químicas existen dos conceptos independientes:
  - Viabilidad ( $\Delta G < 0$ )
  - Velocidad
- Ⓣ Ø La termodinámica nos dice si una reacción es posible que ocurra o no y la cinética a que velocidad ocurrirá





Para la producción del carbonato sódico, el rechazo del proceso Leblanc, por la gran cantidad de residuos y subproductos generados y el consiguiente coste del producto útil fabricado dio pie a su sustitución por el proceso Solvay, ya comentado. En este, junto al producto principal se genera un producto de menor valor (subproducto) asumible por el mercado, con lo que se eliminan los problemas que causaban los residuos, en el Leblanc, al no originarse estos. En las siguientes reacciones puede observarse la generación y consumo de materias de forma similar al paso de alumnos de un curso a otro.



En este proceso el reactivo (conocimiento del profesor) no puede directamente con la MP (alumno) y precisa de otros reactivos intermedios (otros profesores y otras técnicas) para conseguir el ataque efectivo y la obtención del producto deseado.

Este objetivo de formación de ingenieros minimizando los abandonos y optimizando los recursos están en las bases del EEES y sobre ello, entendido como una oportunidad de mejora de la calidad del proceso y del producto, solo nos quedaría el deber de apoyarlo y defenderlo.

Pero si lo que se nos propone, hasta el momento, es un proceso poco definido, cuando no con actividades difusas y contradictorias, un producto Máster o Grado en Ingeniería sin adjuntar sus competencias profesionales, una materia prima sin ánimo de control para su acceso al proceso y unos reactivos edulcorados, permitasenos que dudemos del producto que, bajo esas condiciones de contorno, se pueda fabricar.

Si somos conformes con las evidencias de fortaleza asumidas para la ingeniería y consideramos que son claramente favorables al Ingeniero formado-fabricado en nuestras Escuelas, parece que la primera condición para proponer un cambio es asegurarnos que este va a ser para mejor y no para distorsionar la imagen de unos títulos de ingeniería que tanto progreso industrial y tecnológico han aportado a la modernización de España.

Para concluir, indicar que en la analogía de base empleada, el carbonato sódico, con los cambios producidos en su proceso, sigue siendo uno de los productos mas demandados y desde luego el de mayor aplicabilidad y mejor rendimiento entre los álcalis.

Los ingenieros también siguen esta pauta de amplia aplicabilidad y rendimiento. A esto ha de unirse su buena imagen, la INGENIEROFILIA ya aludida, para que nos empleemos en mantener, mejorar y dignificar aun más nuestra imagen.