

# **UN NUEVO ENFOQUE DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA. EL CASO DE ESPAÑA**

**(Documento para la reflexión, el debate y la toma de decisiones)**

**Roque Calero Pérez  
Dr. Ingeniero Industrial  
Catedrático de Universidad  
Universidad de Las Palmas**

**Las Palmas, febrero 2013**



## PREÁMBULO

La ingeniería como actividad transformadora de la naturaleza al servicio de las necesidades y deseos de los seres humanos ha sufrido fuertes cambios a lo largo de toda la historia y en consecuencia la formación de los propios ingenieros.

En gran parte estos cambios han venido provocados por la propia evolución tecnológica y a ella se ha ido acomodando la formación de sus profesionales. Al mismo tiempo la tecnología ha ido permeando todas las actividades humanas y las barreras entre profesionales de diversos tipos se han ido diluyendo.

El gran peso de la ingeniería en el desarrollo de la humanidad en los últimos 200 años ha creado una “imagen” y un peso económico y social elevado que al tiempo que generan prestigio para los que desempeñan la profesión también han suscitado fuertes tendencias a fagocitarla (ingeniería financiera, ingeniería del medioambiente, etc.)

Por otra parte las grandes exigencias de formación que estas profesiones encierran, las muchas veces pocas recompensas (no solo económicas sino también profesionales) por su labor y la fagocitación anteriormente señalada ha ido desplazando la ingeniería “convencional” desde Europa y América del Norte hacia los países emergentes de Asia, primero Japón y ahora China, con la grave pérdida de competitividad que tal echo supone para los primeros.

El Plan Bolonia, iniciado en la Unión Europea en el año xx ha sido un intento de homogenizar los estudios superiores en toda la Unión en un marco de búsqueda de la excelencia, que si bien loable en un principio, es obvio que no ha alcanzado sus objetivos. En el caso concreto de los estudios de ingeniería el mayor problema ha sido la igualación de estos estudios con todos los demás, sin atender a las profundas diferencias entre estos y los científicos o humanistas, al tiempo que también la no consideración de los diferentes órdenes de actividad en la ingeniería que inevitablemente conduce a órdenes formativo claramente diferenciados. Dado que el Plan Bolonia solo son recomendaciones la consecuencia ha sido su “incumplimiento” por aquellos estados y universidades que lo consideraron perjudicial, manteniendo las estructuras tradicionales aún cuando mas “aisladas”, y los “cumplimientos interesados” por otros estados y universidades que han encontrado un motivo para “romper los modelos tradicionales” y ocupar “nuevos espacios”, casi siempre sin atender a los fines primordiales de la formación de ingenieros en toda su complejidad.

Ante esta situación cabe preguntarse: ¿Existen criterios objetivos y racionales para estructurar los estudios de ingeniería? ¿Podría alcanzarse un consenso respecto a cómo deberían configurarse para dar un nuevo impulso a la formación de ingenieros? Si existen unos criterios racionales para la formación de ingenieros ¿ayuda el Plan Bolonia a conseguirlos?

Por otro lado, y en lo que a España se refiere, ¿Cuál está siendo el impacto de la implantación del Plan Bolonia en España? ¿Se debe rectificar el rumbo?

El presente documento es un primer intento de respuesta a estos y otros muchos interrogantes y por tanto la definición de unas bases objetivas sobre las que sustentar unos Planes de Estudio para la Formación de Ingeniero al margen de los condicionantes que conforman la realidad actual de estas formaciones (especialmente en España y otros países de la Unión Europea).

El documento se ha dividido en dos partes: En la primera se realiza un análisis pormenorizado de lo que pueden ser unas “bases objetivas” sobre las que sustentar los estudios de ingeniería, y en la segunda se aplican tales bases a análisis de la situación de la formación de ingenieros en España.

#### Primera parte:

Comienza con el análisis de las actividades de este tipo de profesionales en el marco del proceso productivo y las consecuentes peculiaridades de este tipo de formaciones que deben tenerse presentes a la hora de estructurar estos estudios, de forma que la formación alcanzada sea aplicable.

A partir de ese análisis se efectúa una propuesta de estructuración de los estudios de ingeniería que incluye los órdenes formativos, áreas de especialización, estructura del plan de estudios, capacitaciones consecuentes, formaciones de postgrado, perfil de los profesores, enfoques de la investigación tecnológica, etc.

#### Segunda parte:

Comienza con un somero resumen del Plan Bolonia y sus repercusiones sobre la formación de ingenieros, resaltando algunos aspectos negativos del mismo.

A continuación se realiza un recorrido histórico por la formación de ingenieros en España, y la situación de estos estudios en la antesala de la aplicación del Plan Bolonia, aspectos estos que como no podía ser menos han condicionado su implantación.

En un siguiente apartado se analiza la situación en que ha quedado la formación de ingenieros en España con posterioridad a la aplicación del Plan Bolonia, a la luz de las bases conceptuales, que como se verá no resulta muy positiva

Termina esta parte con algunas conclusiones y recomendaciones para originar un cambio efectivo en la formación de ingenieros en España si se desea que estos contribuyan al nuevo impulso que el desarrollo del país precisa.

Este trabajo no pretende ser, ni puede serlo, una propuesta cerrada, pero si tiene vocación de constituir un documento para el inicio de una nueva discusión, bajo nuevos enfoques, de todo lo que concierne a los estudios de ingeniería en España, en la unión Europea y en Hispanoamérica.

.... De donde resulta que estos actos que modifican o reforman las circunstancias o naturaleza, logrando que en ella haya lo que no hay.... pues bien, estos son los actos técnicos, específicos del hombre.

El conjunto de ellos es la técnica que podemos definir como la reforma que el hombre impone a la naturaleza, en vista de la satisfacción de sus necesidades.

Las necesidades son imposiciones de la Naturaleza al hombre. El hombre responde a su vez imponiendo un cambio a la naturaleza.

Es, pues, la técnica, la reacción enérgica contra la naturaleza, que lleva a crear entre esta y el hombre una nueva naturaleza sobre aquella, una sobrenaturaleza.

*“Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía”  
Ortega y Gasset*

*“Es fácil reconocer en el cuerpo científico, tal y como existe ahora, un cierto número de ingenieros distintos de los hombres de ciencia propiamente dichos.*

*Esta importante clase nació necesariamente cuando la teoría y la práctica, que salieron de puntos distantes, se acercaron lo suficiente para darse la mano. Esto es lo que hace que su estatus propio esté aún poco definido ....*

*El establecimiento de la clase de ingenieros, con sus propias características, es de la mayor importancia, porque esta clase constituirá, sin duda, el instrumento de coalición directa y necesario entre los hombres de ciencia y los industriales, por medio de los cuales solamente puede empezar el nuevo orden social”*

*Cuarto ensayo  
Augusto Comte*



## **CONTENIDO:**

### **PRIMERA PARTE: BASES CONCEPTUALES SOBRE LAS QUE SUSTENTAR LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA**

- 1.- Conceptos generales previos
  - 1.1.- Las dos culturas
  - 1.2.- Conceptos de ciencia, tecnología e ingeniería
  - 1.3.- Del conocimiento al producto. Las etapas del proceso productivo
  - 1.4.- De la necesidad al producto. Órdenes de actividad en el ejercicio de la ingeniería
  - 1.5.- De la necesidad al producto. La investigación tecnológica
  - 1.6.- De la necesidad al producto: La innovación y competitividad
  - 1.7.- De la necesidad al producto: El desarrollo industrial sostenible
  
- 2.- Formación para el ejercicio de la ingeniería
  - 2.1.- Introducción
  - 2.2.- Perfiles generales específicos de la formación de ingenieros
  - 2.3.- Contenidos generales en la formación de ingenieros
  - 2.4.- Acomodo de la formación de los ingenieros a los órdenes de actividad: Órdenes formativos
  - 2.5.- Contenidos y metodologías de acuerdo a los órdenes formativos
  - 2.6.- La formación de postgrado para el ejercicio de la ingeniería
  
- 3.- Características de los profesores para la formación de ingenieros
  
- 4.- El perfil de los estudiantes de ingeniería
  
- 5.- Estructura educativa para la formación de ingenieros
  - 5.1.- Consideraciones iniciales
  - 5.2.- Áreas de especialización en la formación de ingenieros
  - 5.3.- Acomodo de los órdenes formativos a los órdenes de actividad en la formación para el ejercicio de la ingeniería
  - 5.4.- Los planes de estudios para la formación grado para el ejercicio de la ingeniería
  - 5.5.- Los planes de estudio de postgrado en la formación de ingenieros
  
- 6.- Titulaciones y competencias profesionales derivadas de la formación para el ejercicio de la ingeniería
  
- 7.- Resumen final de las bases conceptuales para la formación de ingenieros

### **SEGUNDA PARTE: APLICACIÓN A LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA EN ESPAÑA**

- 1.- El Plan Bolonia y su aplicación a la formación de ingenieros en la Unión Europea
- 2.- Historia de la formación de ingenieros en España

3.- Análisis de la situación de los estudios de ingeniería en España en la antesala de la implantación del Plan de Bolonia

4.- Situación de la formación de ingenieros en España a raíz de la puesta en marcha del Plan Bolonia

5.- Conclusiones y recomendaciones para generar un cambio efectivo de la formación de ingenieros en España

6.- ANEXOS

## **PRIMERA PARTE: BASES CONCEPTUALES SOBRE LAS QUE SUSTENTAR LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA**



## 1.- CONCEPTOS GENERALES PREVIOS

### 1.1.- LAS DOS CULTURAS

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, Ciencia es el conocimiento de las cosas por sus principios y sus causas. También, “cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado que constituye una rama particular del saber humana”.

En función de estas definiciones, o cualquier otra parecida, podría establecerse una primera clasificación de “las ciencias”, tal como “ciencias naturales”, “ciencias exactas”, “ciencias humanas”, etc.

El cultivo de todas estas ciencias da lugar a lo que se conoce como “cultura”, en su sentido más amplio. Sin embargo, debido al poco desarrollo de las ciencias de la naturaleza, y especialmente el de las “ciencias experimentales” hasta hace poco más de dos siglos, el concepto de cultura se ha asociado, de forma casi exclusiva, a la “cultura humanística y literaria”, en sus múltiples facetas: literatura, arte, filosofía, ética, etc.

Ella ha significado una importante “tara” a la hora de la aparición, con fuerza arrolladora, de una nueva cultura, la “cultura científica”, el “cientifismo”. Tanto es así que aún hoy puede afirmarse que la sociedad occidental, e incluso universal, está escindida en dos grandes grupos, perfectamente diferenciados y en gran medida opuestos: por un lado, los intelectuales literarios; por otro lado, los llamados científicos. Entre ambos, casi siempre, un abismo de incompreensión.

Una incompreensión mutua que no se limita al terreno de las ideas, si no que por el contrario, sus consecuencias en el terreno práctico son auténticamente peligrosas (en la medida que el gobierno, el poder, las grandes decisiones, queden en manos exclusivas de uno u otro grupo)

Sin entrar en un análisis de cuales pueden ser tales diferencias, quizás sea significativo una muestra de las “acusaciones recíprocas”: en efecto, los “no científicos” tienen la creencia de que “los otros” son unos puros optimistas, superficiales, debido a la ignorancia de la condición humana; en otras palabras que su cultura es inhumana. Por el contrario, los “científicos” acusan a los que no lo son de no poseer ninguna visión anticipadora, de que se desentienden de todo, sumergidos en la tragedia personal humana; que sólo analizan, pero que no actúan.

Existe, en esta incompreensión, un hecho que hace aún más significativa la diferencia: se refiere a que la cultura científica no lo es sólo en el sentido intelectual del término, sino en el sentido antropológico del mismo. En efecto, las actitudes comunes, las pautas de comportamiento, los supuestos básicos y las maneras de ver las cosas son comunes (similares) entre los científicos de todas las naciones, como resultado, probablemente, de las mismas leyes naturales, del uso de un mismo lenguaje, de la necesidad de la mutua de colaboración en busca del conocimiento. Cosas que evidentemente, no ocurren, ni pueden ocurrir, en la “otra cultura”.

Otro aspecto a destacar en este contexto lo construye el hecho de que un eventual diálogo entre estas “dos culturas” necesariamente ha de tener una dirección preferente, en el sentido de que cualquier comunicación entre ambas deberá hacerse, necesariamente, desde la cultura científica hacia la humanista, debido a la dificultad de los segundos en acceder al interior del “edificio de la ciencia”, constituido por un lenguaje hermético, sólo accesible a los iniciados (compuesto de una simbología propia, un rigor y una sistematización que sólo una larga formación en este sentido puede lograr)

Desde un punto de vista práctico, es poco probable encontrar “científicos” dispuestos a perder parte de su precioso tiempo en el fomento de este diálogo, ni humanista dispuesto a adquirir una formación científica, así que la ruptura no parece difícil de recomponer.

Es evidente, sin embargo, que la comprensión de este fenómeno, y de sus múltiples y peligrosas consecuencias, puede dar lugar (y de hecho ya lo está dando en muchos países) a una reforma educativa, reglada o no, capaz de generar una corriente unificadora, dando lugar a una nueva y única “cultura universal”.

## 1.2.- CONCEPTOS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

### Ciencia:

En términos generales, y a los efectos que aquí se pretenden, puede aceptarse como definición de Ciencia la siguiente: “Actividad humana encaminada a la comprensión de la Naturaleza y de los fenómenos naturales, al análisis del comportamiento de las cosas materiales en condiciones naturales o provocadas” (naturalmente, haciendo abstracción de las llamadas Ciencias Humanas). Se trata, pues, de la búsqueda del conocimiento.

En esta definición de ciencia destacan algunos aspectos que la caracterizan:

- Su carácter unidireccional, en la medida que solo implica conocimiento.
- Su carácter unidisciplinar (en la mayoría de los casos), de manera que los conocimientos necesarios para su desarrollo giran alrededor de parcelas muy concretas y específicas del saber.
- Su carácter determinista, por cuanto que la búsqueda del conocimiento dirige la acción del científico.
- Exigencia de rigor y formulismos, mas allá de cualquier apreciación personal y subjetiva.
- Carácter internacional, universal.
- Independencia del propio “hombre”, que le da un cierto carácter de “inhumanidad”

### Tecnología:

En cuanto al concepto de Tecnología, puede aceptarse para la misma la siguiente definición: “Acción deliberada del Hombre sobre la Naturaleza, tendente a cambiar la naturaleza misma”.

Esta acción deliberada puede ir desde lo mas simple, como puede ser cambiar la posición de piedras para formar una pared, hasta lo mas complejo, como construir y poner en otro planeta una nave espacial.

De hecho, la naturaleza modificada es la huella propia del ser humano (una piedra pulida o lazqueada es el signo de la existencia de humanos primitivos, una prueba irrefutable para los arqueólogos)

Por medio de la acción tecnológica, el hombre crea una sobrenaturalza, haciendo que sobre la Tierra existan cosas que antes no existían (pero el ser humano no es creador, es sólo “recreador”)

Analizando un poco mas esta definición puede descubrirse algunas características propias de la tecnología:

- La acción tecnológica descansa sobre el conocimiento científico, pero solo se interesa por él en la medida que le sea útil. (Realización en base al conocimiento)

- La tecnología presenta una doble dimensión, es “bidimensional”. En efecto, no solo implica conocimientos (en el contexto científico), sino también “maneras de hacer”, de ejecutar las acciones.
- La tecnología es fuertemente multidisciplinar, puesto que cualquier acción tecnológica implica la puesta en práctica de conocimientos de muy diversas ramas del saber.
- La tecnología nunca puede ser determinista, en la medida que el objetivo de toda acción tecnológica está definido de antemano. Se trata de buscar y estructurar los medios para llegar a tal fin, dentro de las múltiples opciones posibles.
- La tecnología es poco dogmática, y no exige del rigor y el formulismo de la ciencia. La tecnología busca la utilidad, la distinción entre factores relevantes de otros que no lo son (las manifestaciones de los fenómenos naturales a escala de uso). Esto implica que la acción tecnológica nunca responde a un modelo único, y en consecuencia, que la necesidad del discernimiento y la toma de decisiones es una característica esencial de las personas que la ejecutan.
- La tecnología se desarrolla por el Hombre y para el Hombre, y en este sentido puede considerarse esencialmente “humana”.

Si se analiza el proceso mediante el cual se modifica la naturaleza pueden matizarse un poco más el concepto de tecnología.

En efecto, la acción tecnológica “procesa” (modifica) los materiales, la energía y la información, para obtener productos e, inevitablemente, desechos.

Aquí, la palabra “procesamiento” incluye dos aspectos diferenciados: el tipo de operaciones a ejecutar (cambios de forma de sólidos, cambios de disponibilidad de la energía, desarrollo de software, etc.) y los modos de ejecución de las operaciones (manualmente, asistidamente, automáticamente, controlada automáticamente con sistemas retroalimentados y cibernéticamente, con toma automática de decisiones complejas).

Obviamente, cualquier modificación de la Naturaleza requiere el concurso de energía, así como la disponibilidad de la necesaria información.

(Cuando un automovilista circula en su vehículo junto a una montaña rojiza que contiene mineral de hierro, y junto a un pozo de petróleo crudo maloliente, ha de saber que su sofisticado vehículo no es el más que un trozo de esa tierra, y unos cuantos barriles de ese petróleo, convenientemente procesados, utilizando una información acumulada por los técnicos durante muchos años)

La evolución de la tecnología se ha caracterizado por los siguientes aspectos:

1º.- El hombre procesó primero la materia (remover y trabajar piedras para hacer una casa), luego la energía (extraer carbón para quemarlo en una caldera de vapor), posteriormente la información (confección de un programa de computación) y en los últimos tiempos a la modificación de los propios seres vivos (modificaciones genéticas) y de la materia inanimada a escala atómica (nanotecnologías).

2º.- Las actividades productivas básicas del ser humano (alimentación, vestido, hábitat) siguen siendo igual de básicas. Sin embargo, su “satisfacción” adquiere diversas “soluciones”, y además, con estas nuevas soluciones, se han ido creando “nuevas necesidades” que en una sociedad más compleja, devienen también en básicas (información, movilidad, etc.)

3º.- La evolución de la tecnología se ha basado más en las “formas de hacer” que en los productos mismos.

4º.- La tecnología avanza más por “agregación” que por “sustitución” (en la medida que los avances son paulatinos apoyándose los nuevos en otros anteriores)

5º.- El avance tecnológico produce la obsolescencia de muchos productos, pero muchas veces este es más un fenómeno político/social que puramente tecnológico.

6º.- El avance tecnológico no es uniforme, ni temporalmente en un lugar concreto, ni mucho menos en lugares diferentes del planeta (el desequilibrio entre naciones y la “fosa tecnológica” entre muchas de estas es el ejemplo más palpable)

### **Ingeniería:**

El salto del conocimiento de como modificar la naturaleza, a la propia modificación de esta, involucra dos aspectos agregados: El paso del conocimiento a la innovación y de esta a la producción, por un lado, y la necesidad de gestión en el doble aspecto de gestión tecnológica y gestión económica por otro.

Y la inclusión en el proceso de estos dos aspectos conduce al concepto de ingeniería, de manera que a los factores básicos de la tecnología, los materiales, la energía y la información, ahora hay que agregar factores económicos (inversiones y otros), humanos (personal de innovación, de producción, de venta, etc.), de mercado, de suministro de materias primas, etc.

La ingeniería puede considerarse, pues, como la materialización de la tecnología, el “ejercicio de la tecnología”, lo cual le imprime algunos rasgos diferenciados:

1º.- La ingeniería solo se concibe en un entorno socio-económico concreto.

2º.- La ingeniería sólo es posible si se dispone de materias primas, energía, información (formación), capitales, espíritu de empresa y posibilidades de comercialización.

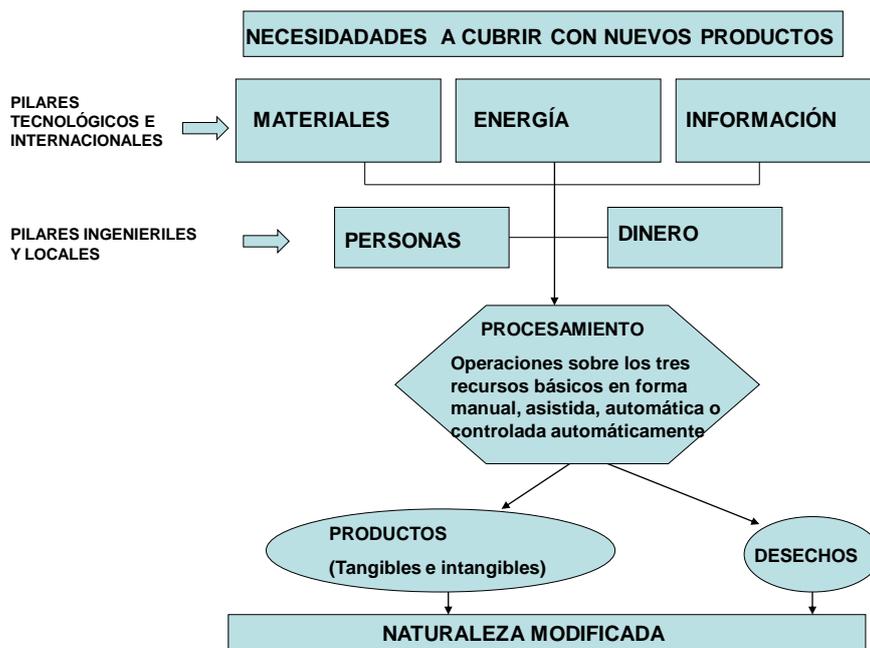
3º.- La ingeniería es difícilmente transferible (al contrario que la tecnología)

4º.- La “ingeniería endógena” puede ser desarrollada (La ingeniería es local. La tecnología internacional).

En el momento presente pueden destacarse como características más definitorias de la ingeniería las siguientes:

- ✓ La ingeniería se basa más y más en equipos complejos.
- ✓ El grado de especialización de tales equipos es cada vez mayor.
- ✓ De procesos discontinuos se pasa a procesos continuos.
- ✓ La obsolescencia de los equipos es cada vez más rápida.
- ✓ Las exigencias de capital (inversiones, explotación, etc.) son crecientes.
- ✓ De técnicas para satisfacer necesidades básicas se pasa a otras para necesidades de educación, de ocio, etc.
- ✓ El grado de internacionalidad es cada vez mayor.
- ✓ El grado de sofisticación organizativa y de gestión es creciente.

### EL PROCESO DE LA INGENIERÍA



### NOTA:

En la actualidad los conceptos de tecnología e ingeniería se toman como prácticamente sinónimos, aún cuando se ha visto que ello no es así. Y lo mismo está ocurriendo con los términos “técnico” e “ingeniero”

Sin embargo, desde un punto de vista etimológico, los conceptos de técnico e ingeniero (y por ende de técnica e ingeniería) tienen claras diferencias

En efecto, la palabra técnico tiene como origen la voz griega *tejne*, que se refiere a la práctica de un arte establecido, con sus tradiciones y sus reglas. Por el contrario, la palabra ingeniero deriva de la voz latina *geno*, que aparte de su primera acepción de engendrar, producir algo nuevo, causar, derivan otras como germen, genio, ingenio, etc.

En este tenor cabe señalar que es la ingeniería la que introduce en el mundo elementos nuevos, concebidos por el espíritu y luego materializados, que pasan a conformar una técnica.

### **1.3.- DE LA NECESIDAD AL PRODUCTO. LAS ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Si se analiza el conjunto de actividades que discurren desde el conocimiento de la naturaleza hasta la aplicación de los conocimientos para satisfacer necesidades humanas es fácil reconocer un conjunto de actividades diferenciadas como son:

#### Investigación básica:

Tiene como objeto el conocimiento científico, la comprensión de la naturaleza y de los fenómenos naturales, en condiciones naturales o modificadas. (Conocimiento teórico o empírico).

Sus resultados son “descubrimientos”. Como tales son únicos y universales.

Se desarrolla principalmente en las Universidades y Centros de Investigación.

Sus actores son en primer lugar científicos, y en segundo lugar técnicos de alto nivel.

Los recursos públicos son los que suelen impulsar primordialmente esas investigaciones, aunque no exclusivamente.

Es difícilmente planificable.

Sus resultados se miden por el número y nivel de las publicaciones científicas.

Ejemplo de investigación básica científica: Conocimiento de la estructura de la materia

Ejemplo de investigación básica tecnológica: Invención de nuevos materiales

(En la medida que la investigación básica científica se basa en experimentos, y estos requieren aparatos y equipos para llevarlos a cabo, es evidente la gran conexión entre estas actividades y las posteriores. En suma, lo que se va a exponer a continuación no puede considerarse como las etapas de un proceso lineal, sino un proceso con múltiples realimentaciones)

#### Investigación aplicada:

Tiene como objetivo conseguir un fin predeterminado, conocido.

Sus resultados son, normalmente, “invenciones” y como tal son diversos, dependiendo del país, época, autores, etc.

Además tales resultados no son públicos y se encuentran normalmente protegidos los derechos de propiedad intelectual de los inventores y de propiedad industrial de los financiadores.

Se desarrolla en Centros e Institutos Tecnológicos, públicos o de grandes empresas, y en menor medida en las Universidades, por personal primordialmente técnico de alto nivel y otros.

Se presta a su planificación.

Es la más conveniente para países en desarrollo.

Exige grandes necesidades de recursos económico tanto públicos (directos e indirectos) como privados.

Sus resultados se miden por el número de patentes publicadas y ejecutadas

Ejemplo: Aplicación de electrones acelerados en la cura del cáncer.

Ejemplo: Aplicación de la fibra de carbono a la construcción de palas de aerogeneradores.

#### Desarrollo:

Tiene como objetivo la fabricación de equipos o la definición de procedimientos que permitan la aplicación práctica, a escala industrial, de los resultados de la investigación aplicada.

La optimización de sistemas y materiales, la definición de equipos y procesos para la fabricación, la ampliación de los campos de aplicación, etc., son las tareas más propias. Sus resultados son productos o equipos precomerciales, susceptibles de ser transferidos al tejido industrial (incluyendo las máquinas, herramientas y equipos necesarios para la fabricación de partes del producto)

Se lleva a cabo tanto en grandes organizaciones de I+D y en macroempresas como también en pequeñas y medianas empresas. Los ingenieros y técnicos de diversos niveles son sus actores principales.

La financiación de estas de estas labores es eminentemente privada.

Sus resultados se miden por patentes presentadas y por transferencia a las empresas de sus resultados

Ejemplo: Construcción de un acelerador lineal para el tratamiento del cáncer.

Ejemplo: Construcción de un procedimiento (y máquinas) para la fabricación automatizada de palas de aerogenerador con fibra de carbón.

#### Diseño (mecánico, eléctrico, etc.):

Es una parte del desarrollo tecnológico, y se refiere al diseño o rediseño de componentes, mecanismos, circuitos, etc., de específica aplicación (similares a los que ya existen en el mercado)

Ejemplo: Diseño de un mecanismo de orientación para el movimiento 3D del cañón del acelerador lineal.

Ejemplo: Fabricación de una nueva caja de engranajes para el accionamiento de bobinas de fibra de carbón.

#### Diseño industrial:

Es una parte del desarrollo tecnológico y de la producción en general que tiende a acomodar tal desarrollo a las demandas del mercado y del usuario final, en aspectos relacionados con la funcionalidad, estética, seguridad, eficiencia, etc.

Ejemplo: Diseño de la cobertura (carenado) del acelerador lineal para que este sea ergonómicamente aceptable y evite la claustrofobia.

Ejemplo: Cobertura protectora (Carenado) de la máquina de fabricación de palas para evitar el escape al exterior de gases tóxicos.

#### Innovación:

Se trata del conjunto de actividades mediante el cual las empresas asumen productos procedentes de la investigación aplicada (invenciones) y el correspondiente desarrollo tecnológico y los modifican o actualizan con vistas a su fabricación y posterior introducción en el mercado. En este contexto la innovación supone pasar de un prototipo precomercial a otro comercial.

La innovación también cabe en los planos de organización de la producción, organización de ventas, etc.

Sus resultados son empresas más competitivas por la vía de disponer de nuevos productos, equipos, procesos, organización, mercados, etc.

En esta fase entran en juego técnicos de diversos tipos (ingenieros, diseñadores industriales, etc.) además de psicólogos, sociólogos, economistas, expertos en marketing, etc.).

El capital es exclusivamente privado.

Sus resultados se miden por los resultados empresariales positivos

Ejemplo: Una (o varias) empresa asume la tecnología del acelerador lineal con vistas a su introducción en sus líneas de producción.

Ejemplo: Una (o varias) empresa asume el procedimiento automatizado de fabricación de palas, para su futura producción.

#### Fabricación:

Conjunto de actividades mediante las cuales una empresa produce (fabrica) los productos asumidos mediante el proceso de innovación, de cara a su introducción en el mercado.

Sus resultados son productos o servicios listos para ser introducidos en los mercados. La fabricación supone la disponibilidad de equipamientos (maquinaria, instalaciones, etc.), disponibilidad de personal cualificado (a nivel de ejecución, dirección, gestión, etc.), disponibilidad de materias primas (incluyendo las vías de acceso a las mismas), disponibilidad de capitales, disponibilidad de mercados, etc.

Esta fase se sustenta sobre un amplio número de empresas, casi siempre especializadas y de capital privado.

Ejemplo: Una (o varias) empresa construye unas nuevas instalaciones (o adapta las existentes), adquiere la maquinaria precisa, forman y organizan el personal, contratan las materias primas, cierran los contratos con clientes, etc., iniciando el proceso de fabricación de aceleradores lineales.

Ejemplo: Una (o varias) empresa realiza los mismos pasos anteriores e inicia la fabricación a gran escala de palas de aerogeneradores.

#### Venta, uso y servicios:

Conjunto de actividades mediante las cuales el producto llega a las manos del consumidor final, al tiempo que se atiende las necesidades de este (suministro de

recambios, labores de reparación y mantenimiento, etc.). En esta fase del proceso intervienen especialistas de muy variado tipo, desde técnicos de mantenimiento y operación, hasta compradores y usuarios cualificados, pasando por técnicos en marketing, publicistas, empresarios, etc.

Sus resultados son productos y servicios en manos de los usuarios y consumidores. Esta fase se sustenta sobre un amplísimo número de empresas, más o menos especializadas, y muy próximas al consumidor y usuario final.

El capital, obviamente, es exclusivamente privado.

Ejemplo: Hospitales de todo el mundo, públicos y privados, adquieran aceleradores lineales para el tratamiento sistemático de sus pacientes.

La empresa matriz crea filiales en diferentes países, o llega a acuerdos con otros, para las labores de mantenimiento.

Médicos de todos los centros compradores recibieron cursos de formación para el manejo del aparato y la correcta interpretación de los resultados.

Ejemplo: La empresa crea una red de ventas de aerogeneradores en diversos países, incluyendo la preparación del personal de instalación y mantenimiento.

Gran número de parques eólicos se instalan con estas máquinas, para la producción ecológica de energía eléctrica, encargándose empresas locales de su explotación y mantenimiento.

#### Reutilización y eliminación:

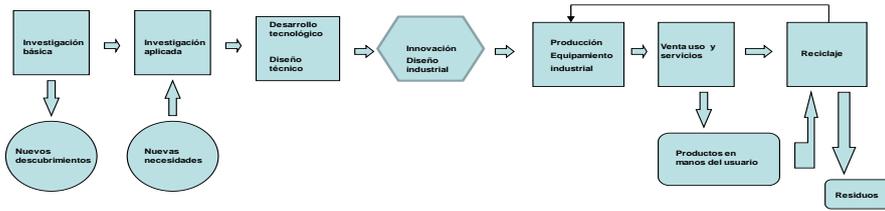
Conjunto de actividades mediante las cuales, empresas especializadas recogen los productos una vez cumplida su vida útil (por obsolescencia o por averías, o por la causa que sea) y los eliminan íntegramente de manera que no causan prejuicios (incineración, enterramiento, etc.), o se someten a procesos de reciclaje, bien por operaciones de “reparación” (convirtiéndolos de nuevo en utilizables), bien por operaciones de conversión en la materia prima original (por ejemplo, convirtiendo las piezas de acero de un motor en un perfil laminado)

Esta última fase del proceso está adquiriendo cada vez más importancia como medio de proteger el medio ambiente y para disminuir el consumo de materias primas, así como el de energía (consume mucha menos energía fundir un motor inservible y convertirlo de nuevo en acero, que no obtener este desde la mina de hierro)

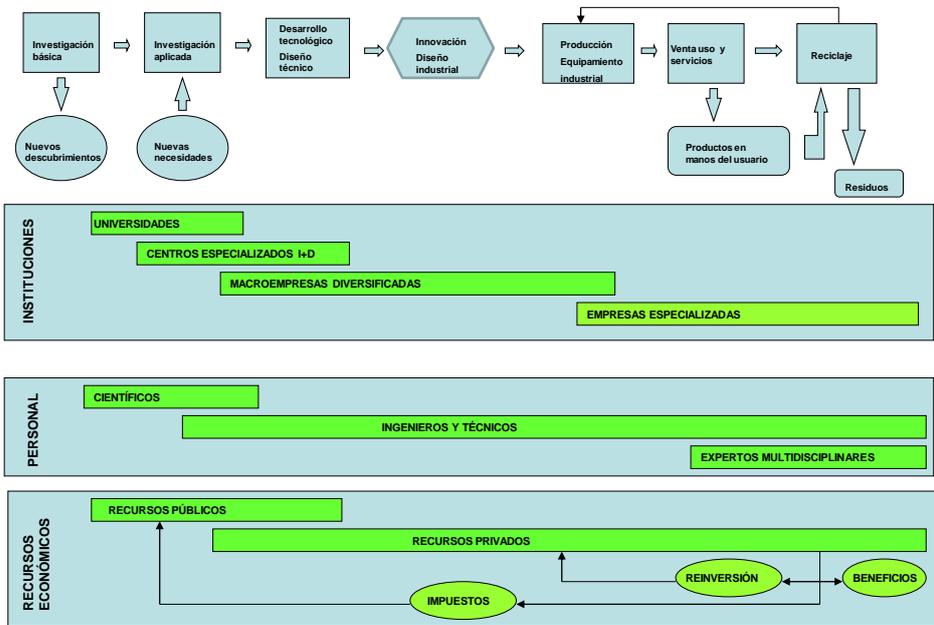
Sus resultados son un medioambiente menos impactado.

En esta fase intervienen técnicos y empresarios de muy variado tipo (incluyendo biólogos y otros técnicos medioambientales) formado parte de empresas privadas y en menor medida, públicas.

### Del conocimiento al producto: las actividades globales



### Actores y recursos del proceso productivo



#### **1.4.- DE LA NECESIDAD AL PRODUCTO. ÓRDENES DE ACTIVIDAD EN EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA**

Una de las consecuencias más importantes de la bidimensionalidad de la ingeniería es el variado número de funciones que los individuos que la desarrollan ejecutan en su seno. Un análisis detenido de este aspecto lleva a delimitar un conjunto de actividades diferenciadas, que pueden dividirse en tres “categorías” y dentro de ellas varios “órdenes”.

Entre las categorías se encuentran la producción, la proyectación y la investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

##### a) Órdenes de actividad relacionados con la producción (fabricación):

###### Primer orden de actividad:

Corresponde a las habilidades de ejecución, valiéndose o no de fuentes de energía ajenas al individuo, dentro de un único paso de procesamiento, o de pocos pasos relacionados directamente entre sí, según órdenes expresamente recibidas.

Estas realizaciones pueden ser sobre materia, energía o información (movimientos con materiales, conformaciones, operación de equipos, manejo de ordenadores, etc.).

Como se ve, no sólo se trata de trabajo manual, en el sentido tradicional del término, aunque si predominan las conductas en el área psicomotriz.

El ámbito de la actividad es muy específico y dentro de este el trabajo se realiza bajo normas estrictas.

Este primer orden de actividad corresponde a aquéllas propias de los “operarios especialistas”, en su más amplia acepción.

El perfil del profesional asociado a este orden se caracteriza por disponer de amplias habilidades en el dominio psicomotriz y muy básicos conocimientos teóricos, centrados por demás en áreas muy concretas.

Ejemplo: Operario de máquinas específicas en una fábrica de muebles

###### Segundo orden de actividad:

En el ejercicio de la Ingeniería corresponde a la habilidad para combinar y controlar operaciones tipo, para formar y mantener una etapa, previamente definida, en un proceso también perfectamente determinado.

La combinación de operaciones elementales ya constituye de por sí una “técnica”, por lo que se dice de estos individuos que poseen una “competencia técnica”.

Naturalmente, la combinación de operaciones simples puede realizarse sobre procesamientos de materia, energía o información.

Como es lógico, dado el enorme número de operaciones elementales que constituyen los distintos pasos de procesamiento en cualquier acción tecnológica, no se puede

esperar que el técnico posea las habilidades específicas para “ejecutar” todas las operaciones que le conciernen: su trabajo requerirá más bien el conocimiento, la comprensión de esas operaciones, sus posibilidades y limitaciones, las propiedades de los materiales que intervienen, las normas a emplear, etc. Además, ha de tener aptitudes para evaluar y modificar la marcha de las operaciones cuando sus parámetros deriven de los previstos, en pos de una mayor eficiencia en la utilización de los equipos.

Este segundo orden de actividad corresponde a aquéllas propias de los “técnicos especialistas”, en las diversas ramas de la ingeniería.

El perfil profesional asociado a este orden caracteriza por unas medianas habilidades psicomotrices, unos medianos conocimientos en varias áreas conexas (mediana multidisciplinaridad) con una elevada aplicabilidad de los mismos (sin grandes justificaciones teóricas), una alta capacidad de trabajo en grupo, una cierta capacidad de análisis y síntesis y un cierto grado de discernimiento a nivel técnico-ejecutivo.

Ejemplo: Técnico encargado de la explotación y mantenimiento del conjunto de máquinas que componen una industria de fabricación de muebles. Conoce todos los equipos e instalaciones involucrados en el proceso de la fabricación y su misión es mantenerlos funcionando correctamente en un ámbito puramente técnico.

#### b) Órdenes de actividad relacionados con la dirección de la producción:

##### Tercer orden de actividad:

En el ejercicio de la ingeniería este tercer orden corresponde a las habilidades para mantener correctamente funcionando un proceso de producción complejo, formado por un conjunto de procesos simples encadenados (vinculados operacionalmente), pero todos ellos perfectamente determinados y definidos de antemano.

Este tercer orden de actividad corresponde a aquéllas propias de los “técnicos de dirección de la producción” (directores de producción).

Podría ser el caso de directores producción de pequeñas y medianas empresas que operan alrededor de una tecnología y un sector plenamente definidos.

El perfil profesional asociado a este tercer orden es en parte similar al del segundo orden de actividad, pero al que a las habilidades técnicas (tales como conocimiento de las tecnologías involucradas) se le suman otras organizativas (organización de la producción, incluyendo labores de control de la producción y del mantenimiento), así como de gestión del personal y gestión económica.

En suma un cierto grado de discernimiento a nivel técnico, organizativo y de gestión.

Ejemplo: Técnico encargado de la organización de la producción en una fábrica de muebles. Tiene ideas claras de los equipos e instalaciones de la fábrica, pero su misión es mantener el proceso productivo desde los puntos de vista económico - gestión de compras, gestión de ventas-, gestión del personal, garantías de seguridad, etc.

#### Cuarto orden de actividad:

En el ejercicio de la ingeniería este cuarto orden corresponde a las habilidades para mantener correctamente funcionando procesos de producción complejos no vinculados operacionalmente y en el que algunas de sus partes, o el conjunto, está en continua revisión y adaptación (no se encuentran predefinidos de antemano).

Este cuarto orden de actividad corresponde a aquellas propias de la “dirección de industrias complejas” en su sentido mas amplio y que operan en los bordes de la tecnología conocida o impulsan su propio cambio.

Podría ser el caso de sistemas complejos petroquímicos, complejos aeroportuarios, industrias de automoción, etc., donde ya no solo entran en juego aspectos técnicos y económicos sino también estratégicos, medioambientales, sociales, etc.

El perfil profesional asociado a este orden requiere disponer de conocimientos científicos y técnicos fuertemente multidisciplinares y otros en áreas económicas, sociales, medioambientales, etc., y continuamente actualizados.

Además, este orden exige a los que lo practican dotes de mando para el manejo de equipos humanos complejos, elevada capacidad de relación con diferentes interlocutores ( sociabilidad), dominio de idiomas (especialmente el inglés), conciencia sobre la trascendencia de sus acciones (no solo en los ámbitos técnicos, sino mucho mas en el ético y social)

En suma, un elevado grado de discernimiento a nivel técnico multidisciplinar, organizativo y de gestión.

Ejemplo: Técnico encargado de la organización de la producción en una industria maderera que incluye desde el procesado de la materia prima (incluyendo el uso de nuevos materiales) hasta la fabricación de múltiples productos del sector: tableros, aglomerados, carpintería, muebles, etc. Pone en juego amplios conocimientos del sector en todos sus aspectos, conoce las últimas novedades en este sector y en todos los afines, es capaz de prever nuevas tendencias y nuevos mercados, etc. y su misión es mantener el proceso productivo en toda su complejidad, y proponer su continua actualización, con énfasis en los análisis de mercados y en la definición de estrategias.

#### c) Órdenes de actividad relacionados con la proyectación:

##### Quinto orden de actividad:

En el ejercicio de la Ingeniería este orden corresponde a la habilidad para organizar (proyectar) un procesamiento, predefinido en cuanto a su naturaleza, objetivos y equipamiento, a fin de que las operaciones que lo integran cumplan los requisitos de corrección técnica, factibilidad, grado óptimo, etc.

Ello incluye la selección de materiales, la selección de equipos (maquinaria, etc.), la selección de operaciones, el análisis de los caminos críticos, la programación de los

ciclos de operaciones, la programación de los mantenimientos, el control de inventarios, las dotaciones de personal, etc.

A título de ejemplo, este orden de actividad sería el que habría de desarrollar un individuo al que se le encargara que hiciera los estudios pertinentes para instalar la maquinaria e instalaciones en un proceso productivo previamente determinado. Ello implica realizar estudios sobre su ubicación en la cadena del proceso, la programación de sus operaciones en función de las demás, la situación de los operarios, su conexión a las redes de energía que precise, etc.

Como se ve es una actividad a nivel de gabinete, más que a nivel de taller o de planta. El documento (o documentos) que la materializa se conoce como “propuesta técnica” o “proyecto de instalaciones”.

El perfil profesional asociado a este orden se caracteriza por las muy bajas o nulas habilidades psicomotrices, unos medianos conocimientos en varias áreas conexas (mediana multidisciplinaridad) con una elevada aplicabilidad de los mismos (sin grandes justificaciones teóricas), habilidades para captar relaciones espaciales y visiones de conjunto, una mediana capacidad de análisis y síntesis en las áreas específicas y un cierto grado de discernimiento a nivel técnico-organizativo sobre tecnologías conocidas y codificadas.

Ejemplo: Técnico encargado de la confección de los propuestas técnicas (pseudoproyectos) de las instalaciones de la fábrica de muebles (electricidad, seguridad contra incendios, cimentaciones de las máquinas, estructura de los edificios, etc.) siguiendo las normativas y requisitos que en cada caso vengán impuestas (nuevas instalaciones o reformas de las existentes)

#### Sexto orden de actividad:

Corresponde a la habilidad de organizar procesamientos no predefinidos en cuanto a su naturaleza, objetivos y equipamiento. Corresponde a este orden la elección entre distintas posibilidades de procesamiento y equipamiento, a la definición de las materias primas que han de intervenir en el proceso, a la definición de los volúmenes de producción, de los tipos de productos a fabricar, a sus propias especificaciones, etc., todo ello dentro de la necesaria optimización técnica, económica y empresarial del conjunto.

Se trata de una actividad a nivel de gabinete y no de planta y el documento (o documentos) que la materializa se conoce como “proyecto industrial”.

El perfil profesional asociado a este orden se caracteriza por las muy bajas o nulas habilidades psicomotrices, altos conocimientos en ramas muy diversas (fuerte multidisciplinaridad) con una elevada conceptualización de los mismos, habilidades para captar relaciones espaciales y visiones de conjunto, capacidad para adecuar la mente en planos diferentes a los perceptibles por los sentidos, elevada capacidad de análisis y síntesis de sistemas complejos, conocimientos de idiomas (especialmente el

inglés), capacidad para intercambio y procesado de la información, capacidad de discernimiento para la toma de decisiones en casos de incertidumbre basadas en la comprensión de todos los factores involucrados, conciencia sobre la trascendencia de sus acciones (no solo en los ámbitos técnicos, sino mucho más en el ético y social) En suma, una importante capacidad de planificación y discernimiento en los planos técnico-económico-organizativo -empresarial.

Ejemplo: Técnico encargado de la confección del proyecto de una industria maderera que incluye desde el procesado de la materia prima (incluyendo el uso de nuevos materiales) hasta la fabricación de múltiples productos del sector: tableros, aglomerados, carpintería, muebles, etc. El proyecto incluye un profundo estudio de la viabilidad técnica y económica del mismo, a partir del cual ejecutará el proyecto de instalaciones y equipamientos, con la introducción de novedades respecto de las industrias similares ya existentes, si fuera el caso.

#### d) Ordenes de actividad relacionados con la investigación y la innovación tecnológica:

##### Séptimo orden de actividad:

Corresponde a la habilidad para introducir innovaciones en los materiales, equipos, productos y procesos.

Este orden, al contrario que los anteriores que podrían considerarse propios de una tecnología estática, permite superar los problemas derivados del cambio, la obsolescencia y la competencia, extendiendo el campo de la tecnología conocida, no sólo a nivel mundial, sino en el seno de una Comunidad concreta, una empresa, o por el propio individuo que practica este orden.

Se trata de una actividad que conjuga labores de gabinete con otras de laboratorio, de una gran complejidad y de múltiples pasos, que van desde la percepción de una necesidad a cubrir por medio del diseño de un nuevo producto (equipo o proceso) hasta la producción de una serie de prototipos listos para su réplica e introducción en el mercado.

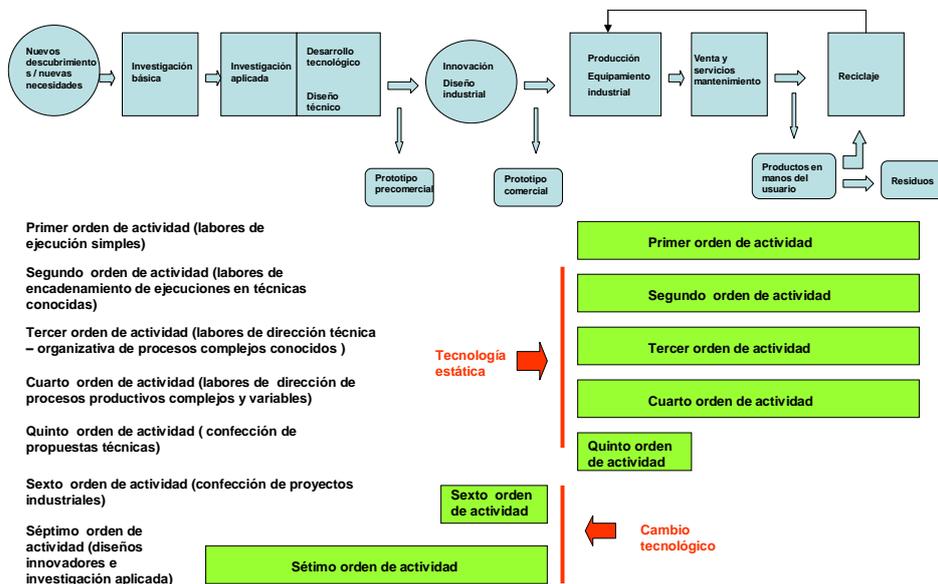
Abarca las etapas de investigación aplicada, desarrollo e innovación del proceso productivo, y es decisivo cuando se desea basar la competitividad de una región o país en la innovación.

El perfil profesional asociado a este orden se caracteriza por ciertas habilidades psicomotrices (en lo que a manejo de instrumental y ensayo de prototipos se refiere), altos conocimientos en ramas muy diversas (fuerte multidisciplinaridad) y con una elevada conceptualización de los mismos (desde herramientas matemáticas avanzadas hasta técnicas de computación, pasando por amplios conocimientos de materiales, tecnologías de fabricación, etc.), habilidades para captar relaciones espaciales y visiones de conjunto, capacidad para adecuar la mente en planos diferentes a los perceptibles por los sentidos, elevada capacidad de análisis de sistemas complejos, elevada capacidad de síntesis, dominio de técnicas de creatividad y capacidad creativa

que les permita descubrir ideas valiosas sobre los que apoyar nuevos diseños (sentido de anticipación), sentido de la utilidad de manera de alcanzar diseños que no sean utópicos o irrealizables (capacidad de innovación), capacidad para intercambio y procesado de la información, capacidad de discernimiento para la toma de decisiones en casos de incertidumbre basadas en la comprensión de todos los factores involucrados, conciencia sobre la trascendencia de sus acciones (no solo en los ámbitos técnicos, sino mucho mas en el ético y social), conocimientos de idiomas (especialmente el inglés), conocimiento de los seres humanos y sus problemas para conocer y dar respuesta a sus necesidades, capacidad para interactuar en un grupo de trabajo, dotes estéticas para que los nuevos diseños sean aceptables, competitivos y se inscriban en un entorno “cultural”, cierta capacidad para la emprendeduría a partir de sus propias ideas innovadoras, etc.  
 (En realidad, el séptimo orden de actividad necesita la comprensión, de alguna manera, de todos los anteriores)

Ejemplo: Técnico encargado de investigar sobre nuevos materiales, por ejemplo, fibras artificiales, para la confección de una nueva gama de muebles adaptada a una fabricación por rotomoldeo.

### De la necesidad al producto: Ordenes de actividad



## 1.5.- DE LA NECESIDAD AL PRODUCTO. LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

### Introducción

El Diccionario de la Lengua Española define la investigación como la “aplicación racional de la mente a la solución de problemas del saber humano. Su fin es enriquecer este saber mediante el estudio sistemático de diferentes facetas del conocimiento ya definidas, o la exploración de otras nuevas”.

En principio puede clasificarse la investigación en tres categorías: Investigación documental o histórica, que busca el conocimiento a través del análisis de los hechos y fenómenos naturales o espontáneos; Investigación experimental o física que busca el conocimiento mediante fenómenos artificiales, provocados en laboratorios); Investigación doctrinal o filosófica que busca el conocimiento a través del raciocinio puro, sin la presencia inmediata del hecho o fenómeno alguno.

Desde el punto de vista de las personas que acometen tales tareas, la actitud del investigador documental es receptiva, limitándose a la toma de anotaciones y las reflexiones consecuentes), mientras que la del investigador experimental su actitud es activa y requiere la formulación anticipada de supuestos que los experimentos se encargarán de confirmar o refutar, e incluso de abrir nuevos caminos. El investigador filosófico se repliega sobre si mismo e intenta acercarse a la verdad mediante cadenas de juicios, aún cuando en último extremo estos se apoyan inevitablemente en hechos. En este contexto es conveniente señalar las diferencias entre investigador y erudito, que muchas veces se confunden. El investigador se interesa en el “por que” mientras que el erudito se conforma con “el qué”.

### Historia

Puede decirse que la investigación nace con el ser humano constituyendo una de las características que lo definen como tal. El como, el porqué y el para que de todo lo que le rodea son preguntas que se hizo en hombre primitivo, al igual que el hombre actual.

Históricamente la investigación nace como hija de la curiosidad pero pronto se convierte en una exigencia para la supervivencia en un medio hostil, en una necesidad real y perentoria.

La investigación ha ido evolucionando al compás de las situaciones e intereses de las civilizaciones que en el mundo se han ido sucediendo. En unas épocas interesaron los fenómenos intelectuales y se llegó a elaborar complejos sistemas filosóficos; en otras interesaron los fenómenos físicos y se desarrollaron complejas tecnologías en el intento de conocer las profundidades de la materia y del espacio.

Al mismo ritmo también ha evolucionado el investigador, que ha pasado del investigador aislado en su propia concha al investigador formando parte de un equipo mas o menos complejo; del investigador con escasas herramientas de trabajo (o ninguna) al investigador dotado de complejos equipos de investigación; del

investigador que ponía su patrimonio al servicio de la investigación al investigador contratado para realizarla.

Sin embargo la investigación como actividad organizada, programada, tiene un origen muy reciente, iniciándose en Europa a lo largo del siglo XIX y extendiéndose luego a Estados Unidos y al resto de países desarrollados de los cinco continentes.

En un primer momento se desarrolla ampliamente la investigación documental y luego, a medida que se dispone de aparatos mas o menos complejos, se desarrolla la investigación científica la cual pronto se convierte en una actividad vital para el progreso de todas las naciones.

Precisamente de esta “aplicabilidad” de la investigación surge un nuevo modelo de esta, la investigación aplicada o tecnológica, con unas características propias y diferenciadas respecto de la científica en la medida que sus objetivos van mas allá del conocimiento de la naturaleza: trata de poner la naturaleza al servicio del hombre. Como es obvio, la investigación tecnológica permite disponer de nuevas herramientas al servicio de la investigación experimental de forma que ambas alcanzan un gran desarrollo debido a sus efectos sinérgicos.

La necesidades asociadas a la construcción de equipos destinados a llevar a la práctica los resultados de la investigación aplicada da lugar a un nuevo término, el Desarrollo, y la traslación de los resultados de las mismas a la actividad empresarial a otro nuevo término, la innovación.

Desde hace menos de 100 años la Investigación Básica, la Investigación Aplicada, el Desarrollo y la Innovación son los términos que definen las claves del desarrollo pasado y sin duda seguirán siéndolo para cualquier desarrollo futuro y en particular para un desarrollo sostenible, en la medida que estas actividades permitirán afrontar los retos que las nuevas necesidades, los nuevos problemas, llevan implícitos.

La investigación, mas que cualquier otra actividad humana, requiere una formación previa de los individuos que la van a ejercer. Solo si la formación de estos es correcta la investigación avanza, y lo mismo ocurrirá la transferencia a las empresas, la innovación.

#### Situación actual y perspectivas:

En la actualidad la situación de la investigación en el mundo es bastante compleja, tanto desde el punto de vista de los objetivos de la investigación como desde el punto de vista geográfico, es decir, de su situación en los diferentes países.

En cuanto a los objetivos de la investigación puede señalarse que la investigación documental se encuentra relativamente estancada así como en gran parte la investigación científica, si se exceptúa la relacionada con el conocimiento de los seres vivos (y en particular las relacionadas con el conocimiento del cerebro humano), así como las dedicadas al conocimiento de la materia y del espacio.

Por el contrario, la Investigación Aplicada y el Desarrollo, así como la Innovación consecuente mantienen un alto nivel, en múltiples y muy variadas ramas.

Desde el punto de vista geográfico, y en relación con la I+D+I, los países del mundo pueden englobarse en dos categorías: los que ejecutan estas labores y los que no. A su vez dentro de los primeros existen dos subgrupos: los que solo realizan investigación básica (o la realizan preferentemente) y los que, además de esta, también realizan investigación aplicada y desarrollo.

Esta posición en cuanto a la práctica de la I+D+I clasifica a su vez a las comunidades y países en tres categorías: aquellos que basan su competitividad en la innovación y la calidad y para los cuales la I+D es un “producto” en si misma; los que basan su competitividad en los bajos costes de producción y pagan fuertes royalties para disponer de la tecnología de los anteriores; y los que simplemente están “fuera” del mercado, basando su desarrollo en la producción y venta de productos del sector primario o servicios básicos.

Dado que la I+D+I requiere un tejido industrial próximo que la impulse, esta se asienta principalmente en los países de mayor nivel de desarrollo, actuando como un potente “atractor” de investigadores y tecnólogos procedentes de los países menos desarrollados.

Si a ello se le añade que la “dureza” de estos trabajos (gran dedicación y normalmente no muy altos salarios, precariedad laboral, etc.) conduzca a que muchos ciudadanos de los países mas ricos dediquen sus esfuerzos a otras profesiones, el resultado final es que los países mas ricos “drenan” recursos humanos de los mas pobres (realmente es una auténtica subvención que los países mas pobres brindan a los mas ricos) conformando una “cadena de trasvase” de recursos humanos cualificados del mundo menos desarrollado al mas desarrollado e incrementando así la ya de por si enorme fosa tecnológica y de riqueza previamente existente.

Por otro lado la copia mimética de promoción laboral de los investigadores del mundo menos desarrollado de lo que “aparentemente ocurre” en el mundo mas desarrollado conduce en la mayoría de los casos a una excesiva concentración en la investigación básica, o a una pseudo investigación aplicada, con la finalidad de confeccionarse un curriculum por la vía de las comunicaciones en revistas internacionales (y por tanto, distribuyendo, gratuitamente, el conocimiento alcanzado). La investigación queda así disociada de la innovación, de su aplicación práctica, y centrada casi exclusivamente en el mantenimiento del estatus del propio investigador.

Todos estos factores, actuando conjuntamente, están haciendo crecer aún mas la fosa tecnológica, y los desniveles de desarrollo, en todo el mundo.

#### Peculiaridades de la investigación tecnológica:

Si se analiza el proceso productivo desde la detección de una necesidad no cubierta hasta la disposición del producto en manos del consumidor aparecen con claridad

cuatro etapas relacionadas con labores de investigación: la investigación básica, la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación.

Si se analiza el proceso productivo desde el punto de vista de los órdenes de actividad que se ejecutan en su seno se ve como el séptimo recoge las actividades relacionadas con la introducción de innovaciones en los productos, equipos y procesos, es decir, con la investigación.

En el campo de la ingeniería la investigación básica alcanza un matiz que es preciso considerar y que queda reflejado bajo el concepto de “investigación básica tecnológica”.

En efecto, este tipo de investigación trata de descubrir aquellos aspectos de la naturaleza (originaria o modificada) que podrían tener una aplicación posterior en la ingeniería.

(Por ejemplo, el estudio sistemático de las propiedades de ciertos materiales (naturales o modificados mediante aleaciones) sometidos a extremadamente altas o bajas temperaturas condujo al hallazgo de la superconductividad.)

En cuanto a la investigación aplicada en relación con la ingeniería también caben algunos matices.

- En primer lugar la investigación aplicada, por su propia naturaleza, exige de las que la practican una alta dosis de creatividad, cuestión esta que va mucha mas allá de la disposición de conocimientos por amplios que estos sean. En este contexto es fundamental la formación de ingenieros en técnicas de creatividad y de investigación.
- En segundo lugar hay que distinguir entre dos tipos de resultados de la investigación aplicada: los inmateriales y los materiales.

Los primeros se expresan en forma de documentos, programas de ordenador, etc., y reflejan los resultados de investigaciones relacionadas con el comportamiento de materiales y de componentes, con el desarrollo de nuevas técnicas y procedimientos de diseño y fabricación, etc.

(Por ejemplo, la necesidad de disponer de engranajes que soporten cargas elevadas conduce al estudio de las tensiones de contacto y al rediseño de los mismos. O la necesidad de acortar los tiempos de procesado conduce a diseños optimizados de circuitos electrónicos impresos). O la necesidad de fabricar circuitos impresos miniaturizados conduce al desarrollo de programas para su diseño óptimo)

Los segundos se reflejan en componentes, equipos y sistemas novedosos e inexistentes con anterioridad.

(Por ejemplo, una cabeza perforadora capaz de profundizar miles de metros en vertical y luego continuar la perforación en cualquier dirección horizontal o inclinada ha permitido la explotación comercial de los gases naturales no convencionales. O diseñar la maquinaria precisa para construir circuitos

impresos de alta densidad. O microchips con alta densidad de componentes incorporados, etc.)

- En tercer lugar los resultados inmateriales de las investigaciones básicas tecnológicas casi siempre suelen tener una difusión internacional (sin restricciones) mediante las correspondientes publicaciones en revistas y ponencias en congresos especialmente cuando se lleva a cabo en el seno de las universidades, pero no así cuando se desarrolla en centros de investigación (y universidades) asociados a las industrias, o en el seno de estas. Por el contrario, los resultados materiales de la investigación aplicada se reflejan en patentes de invención, en las que el inventor dispone de la propiedad intelectual mientras que el organismo que paga los trabajos dispone de la propiedad industrial (derechos de explotación)

#### *Ejemplos de líneas de investigación tecnológica:*

- ✓ *Variedades agrícolas genéticamente modificadas para cultivos en condiciones especiales (suelos salinizados, por ejemplo)*
- ✓ *Films multicapa para la protección de alimentos*
- ✓ *Biosensores para el control de procesos en la industria agroalimentaria*
- ✓ *Módulos fotovoltaicos de lámina delgada*
- ✓ *Sistemas para almacenamiento de energía eléctrica a gran escala*
- ✓ *Nuevas técnicas para uso limpio del carbón*
- ✓ *Nuevos materiales superconductores*
- ✓ *Nuevas tecnologías para el aprovechamiento integral de los residuos Sólidos urbanos*
- ✓ *Nuevos materiales ultraligeros y ultrarresistentes para su aplicación en la industria aeronáutica y espacial*
- ✓ *Aplicación de la energías renovables al transporte marítimo*
- ✓ *Nuevos sistemas para la conducción automática y segura de vehículos en carretera*
- ✓ *Nuevas aplicaciones del láser para la fabricación de piezas*
- ✓ *Nuevas técnicas de fabricación por sinterizado utilizando aleaciones ligeras*
- ✓ *Nuevos materiales para implantes en medicina*
- ✓ *Micromáquinas para propósitos específicos*
- ✓ *Máquinas de fabricación de piezas de sobremesa (impresoras 3D)*
- ✓ *Robots para tareas domésticas*
- ✓ *Nuevos programas optimizados (CAD/CAM) para procesos de fabricación específicos*
- ✓ *Nuevas interfaces de comunicación hombre – máquina*
- ✓ *Nuevas técnicas y procesos destinadas a la formación y el aprendizaje*
- ✓ *Etc.*

## **1.6.- DE LA NECESIDAD AL PRODUCTO. INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD**

La investigación aplicada y el desarrollo tecnológicos, cuyo resultado final es una invención, constituyen los pasos previos a la innovación empresarial y permite mejorar la competitividad de los sectores productivos y de servicios mas consolidados en una zona concreta impulsando la mejora competitiva de los mismos y abriendo expectativas de implantación de otros nuevos. Al mismo tiempo permite reencauzar los esfuerzos del personal dedicado a la I+D hacia labores de aplicación directa al desarrollo industrial de la zona, impulsa la aparición de nuevos grupos de investigadores y de nuevos recursos tecnológicos en áreas que permitan el desarrollo de nuevos sectores, apoya la formación de investigadores, etc.

La innovación es el conjunto de actividades mediante las cuales las empresas asumen los resultados de las labores de I+D previas, introduciéndolos en el mercado.

La Innovación es, pues, la explotación industrial de una invención.

La innovación puede referirse a nuevos productos y/o servicios, a nuevos procesos de fabricación (equipamientos), a nuevos sistemas de organización (de la producción o de la empresa), etc.

La Innovación es un proceso complejo, interactivo e incierto. No es un proceso uniforme (diferente en todos los países), ni puede acometerlo una empresa por sí sola, ni los resultados son seguros.

La Innovación exige una gran interrelación entre las Empresas, las Universidades y Centros de I+D, los Centros de Formación, las Instituciones Sociales y los consumidores y usuarios.

Efectivamente, mientras que la invención es el producto de unas labores de investigación aplicada y desarrollo tecnológico (en parte ejecutadas en Universidades pero sobre todo en Centros de I+D y empresas), la innovación se desarrolla en el seno de las empresas y requiere nuevas actividades relacionadas con el marketing, gestión, aspectos financieros y legales, etc.(Esto no excluye que el concepto de Innovación también sea aplicable a los propios centros de I+D y a la administración, siempre que éstas incorporen a sus estructuras cualquier innovación).

En resumen, la I+D es la fuente de la innovación pero no es innovación.

De lo anterior se deduce que el nivel de desarrollo tecnológico de un institución, centro o empresa se mide por sus inversiones en I+D, mientras que el nivel de innovación se mide por el incremento de beneficios y de su competitividad.

La innovación es importante para la empresa, pues mejora el valor de sus productos (calidad, identidad, ecosostenibilidad), mejora las técnicas de fabricación, genera nuevos productos y servicios, expande los mercados y mejora la comercialización, mejora los sistemas de gestión y control, etc. En resumen, mejora su competitividad.

En efecto, la capacidad de un sector para competir en mercados globales no depende tanto del precio de sus productos, como del valor de los mismos y este valor solo puede alcanzarse a través de procesos de innovación.

Todo ello requiere de la empresa convicción de que la I+D+I es básica para mejorar su competitividad en un mercado global, disponibilidades financieras, espíritu innovador de sus técnicos y empresarios, personal formado para tareas de innovación, capacidad para gestionar la innovación (adquirirla, asimilarla, explotarla), buenas conexiones dentro de las redes de intermediación (contactos con centros de I+D y Universidades, manejo de bases de datos, etc.)

También requiere desde el exterior de la empresas, desde los Estados y Gobiernos, el establecimiento de una “visión” de sus propias zonas de influencia a largo plazo (tanto próximas como remotas desde el punto de vista geográfico), de la definición de metas acordes con tal visión y de la puesta en práctica de un conjunto de acciones que permitan alcanzarlas.

Entre estas acciones cabe destacar la implantación y apoyo a centros educativos que preparen técnica y psicológicamente para estas tareas a los futuros investigadores (Escuelas y Facultades de Ingeniería que impartan una formación adecuada para impulsar la innovación), la creación y apoyo a centros de I+D bien dotados y con objetivos claros relacionados con las realidades y necesidades del entorno y de las empresas, dotación y apoyo a servicios de asistencia técnica (laboratorios de apoyo bien dotados, parques tecnológicos, etc.), apoyos económicos decididos (directos e indirectos), correcta gestión desde los organismos públicos (en los marcos jurídicos, administrativos, legislativos, etc.), potenciación de los marcos, foros y puntos de encuentro para la innovación, extensa red de prospectiva de mercados y de necesidades emergentes, etc.

Como es obvio este esfuerzo por lograr un mayor desarrollo y tecnológico, una mayor competitividad, no se ha dado en todas las partes del mundo por igual. Así puede observarse en la actualidad una auténtica “fosa tecnológica” que separa radicalmente al mundo desarrollado del que no lo está. Y lo que es peor, dadas las enormes sinergias en este terreno, donde un avance desencadena no otro avance, sino muchos mas, la fosa no hace mas que agrandarse cada día que pasa. Por muchos esfuerzos que hagan los países menos desarrollados, por rápido que sea su avance respecto de las condiciones de partida, mas rápido avanzan los países mas desarrollados, aún cuando los esfuerzos individuales sean menores.

En la actualidad, y desde el punto de vista de la producción industrial, los países del mundo pueden agruparse en tres categorías: los que basan su competitividad en la investigación, el desarrollo y la innovación, los que la basan en los bajos costes salariales de producción (comprando las patentes a los anteriores) y los que se limitan a ser simples compradores de los productos que producen los anteriores (casi siempre intercambiándolos por productos del sector primario como materias primas o alimentos, o por servicios como el turismo)

En este contexto se está dando un fenómeno apoyado en la globalización, cual es la deslocalización de empresas de fabricación radicadas en países del primer grupo hacia el segundo, buscando mayores beneficios de los mas bajos salarios, al tiempo que también nuevos clientes generados por la mejora del nivel de vida de muchos de tales países.

Esta situación está dando lugar a un reajuste entre los países de los tres grupos mencionados. En efecto, los países del primer grupo se están resintiendo por la pérdida de sus propias producciones (mas desempleo), por el sobrecoste que para los transportes de los productos importados desde largas distancias está significando el incremento de los costes del petróleo, y por la competencia creciente en I+D+I de los países del segundo grupo, mientras que se está agrandando la fosa tecnológica que separa los dos primeros grupos del tercero.

La competitividad basada en la I+D+i requiere como base fundamental la máxima cualificación profesional del personal involucrado (competitividad basada en el factor humano mas que en la disponibilidad de materias primas), destacando entre ellos los ingenieros, y en especial aquellos formados para realizar estas labores. Por el contrario, los países que basan su competitividad en bajos costes salariales precisan un perfil de ingenieros basados en su cualificación para labores de mantenimiento y fabricación.

En la medida que la formación de los ingenieros es una de las principales claves de la competitividad es de resaltar otro fenómeno preocupante para los países tradicionalmente mas desarrollados de América y Europa, cual es la deserción de los jóvenes de estos estudios debido en parte las grandes exigencias de formación que estas profesiones encierran, las muchas veces pocas recompensas (no solo económicas sino también profesionales) por su labor y la fagocitación de la ingeniería por otras profesiones, todo lo cual ha ido desplazando la ingeniería "convencional" desde Europa y América del Norte hacia los países emergentes de Asia, primero Japón y ahora China, con la grave pérdida de competitividad que tal hecho supone para los primeros.

## 1.7.- DE LA NECESIDAD AL PRODUCTO. EL DESARROLLO INDUSTRIAL SOSTENIBLE

En la actualidad parece haber un acuerdo unánime en que la tecnología derivada de la primera y segunda revolución industrial, basadas en el uso masivo de combustibles fósiles como el carbón primero y el petróleo y el gas natural después (sin excluir el uranio) ha conducido a un mundo insostenible, que se está acercando a ciertos límites que no pueden ser rebasados.

En lo que no existe ningún acuerdo, entre otras razones por la insipiencia de las propias tecnologías, es si ocurrirá lo mismo con los “productos” de la tercera revolución industrial en marcha.

En todo caso, y dado que la acción tecnológica es una de las características propias de los seres humanos, y por tanto básica para su supervivencia como tal, es preciso considerar que la situación actual puede (y debe) reconducirse de manos de una nueva tecnología, de una “tecnología apropiada” a las nuevas circunstancias, (cuestión, por cierto, que puede suponer una nueva “revolución industrial”). En esa nueva tecnología apropiada, la disponibilidad de materiales será menos relevante (muchos serán reutilizados), las de energías fósiles también (se utilizarán mas las renovables) y es la información, el conocimiento, el factor que alcanzará mas relevancia (con todo lo que ello supone de formación, investigación, desarrollo e innovación)

Pero la “tecnología apropiada”, y su relación con el desarrollo sostenible, presenta una amplia gama de matices que conviene considerar:

- El primero se refiere a la “equidad tecnológica”, entendida como la racionalización de sus objetivos, la utilización y los fines de la misma. No vale cualquier tecnología, sino la que conduce a una sociedad global justa, equitativa y sostenible.
- (Una tecnología encaminada a eliminar los despilfarros de agua en una zona enriquecida es tan equitativa como otra que conduzca a dotar de agua potable a una zona desabastecida y empobrecida)
- El segundo se refiere a que la tecnología no tiene ningún valor por sí misma, sino por los resultados que con ella se consiguen. Y tales resultados han de conducir a un desarrollo mas sostenible. En caso de dudas sobre los mismos, el principio de precaución debería imponerse siempre.
- En tercer lugar, las tecnologías son “elegibles”, y su elección es previa a la acción. La elección de una tecnología obedece a un modelo de sociedad imaginado, no existente. Ello implica expectativas previas, suposiciones, intereses, juicios de valor, que han de ser tenidos en cuenta.
- En cuarto lugar, y como consecuencia de los puntos anteriores, la acción tecnológica debe ser conocida, meditada y aprobada por la sociedad donde se implante.  
(Probablemente, y dadas las profundas implicaciones globales de cualquier tecnología, la aprobación de las mismas podría tener un alcance universal)

- En quinto lugar ninguna tecnología es apropiada, sostenible, si no puede ser asumida por la comunidad que la recibe o desarrolla, si no puede ser “empoderada” por esta. (Una tecnología inapropiada, transferida a un país que no puede absorberla, significa un nuevo tipo de colonialismo, la creación de una colonia tecnológica, como puede ser el caso de una central nuclear para producir energía eléctrica instalada en un país de bajo desarrollo). Este aspecto, sin embargo, debe ser matizado, en el sentido que muchas “nuevas tecnologías” pueden ser asumidas si previamente ha existido un proceso adecuado de formación (e información) de la población de destino.
- En sexto lugar ha de considerarse que la tecnología puede convertirse en un “instrumento de poder”, de control o de marginación (es conocido que cada “poder” genera a tecnología que lo soporta). Ello supone que una tecnología sin valores éticos y morales puede convertirse en un serio problema y no sería “apropiada”.
- En séptimo lugar la “tecnología apropiada” debe ser aplicada a escala planetaria, es decir, afectando tanto a los países no desarrollados como a los que ya lo están. Esto supone diferencias sustanciales entre las tecnologías a implementar en uno u otro caso.
- En octavo lugar, y como continuación de lo señalado en el punto anterior, no puede considerarse aceptable la traslación a países en desarrollo de las tecnologías obsoletas implantadas en los países desarrollados, ni tampoco que la tecnología apropiada para países en desarrollo sean “tecnologías primitivas”, rudimentarias, que impidan o retrasen la salida del tal nivel de subdesarrollo.
- En noveno lugar para que la tecnología apropiada pueda introducirse en el “mercado”, los costes de las tecnologías convencionales, y las de estas nuevas, han de incluir los costes totales, es decir, también los externos, así como la evaluación de los beneficios que para el conjunto de la humanidad van a suponer.  
(Paradójicamente, la transición hacia una sociedad mas sostenible puede suponer menores costes para los actualmente países ricos que para los pobres)
- En décimo lugar la tecnología apropiada debe asumir el concepto de “retroceso tecnológico” frente al tradicional de “avance tecnológico”, obviamente entendiendo por retroceso la eliminación de productos tecnológicos obsoletos, desde el punto de vista de la sostenibilidad, y que hasta hace poco tiempo se consideraban un “avance”  
(Por ejemplo, los automóviles modernos mas avanzados incorporan gran número de motores eléctricos para el accionamiento de las lunas de las puertas y el ajuste del asiento de los ocupantes. Los vehículos del futuro, posiblemente de tracción eléctrica y baterías acumuladoras de energía, exigirán que el consumo se destine en la mayor medida posible al movimiento del vehículo, lo

cual obligará al desarrollo de mecanismos simples y muy optimizados para el accionamiento manual de los elevadores y asientos).

- En décimo primer lugar el tránsito de una “tecnología inapropiada” (basada en energías fósiles y transporte de personas y mercancías masivos) hacia otra “tecnología apropiada” (basada en energías renovables y una producción próxima al consumo, entre otros aspectos) debe ser desarrollado y ejecutado en el marco de unos planes de desarrollo sostenibles que contemplen todas las necesidades asociadas a los seres humanos y al ecosistema, en la medida que la tecnología informa y conforma todas las actividades humanas.

En resumen, la tecnología apropiada no es tal si no esta al servicio de las realidades presentes y futuras de la sociedad donde se implante, si no es asumible por la misma y si no obedece a un “proyecto de desarrollo” socialmente aceptado, es decir, si no esta al servicio de un plan de desarrollo sostenible.

Por otro lado debe reconocerse que sin tecnología, sin una “nueva tecnología”, el desarrollo sostenible, cualquiera que sea su forma, es imposible.

Basándose en todos los puntos anteriores pueden definirse los rasgos mas importantes de una “nueva producción industrial” en el marco de un desarrollo sostenible global:

1ª.- Una fabricación de productos mucho mas selectiva pensando mas en su “utilidad” que en su “consumo”

2ª.- Empleo mas intenso de materiales reciclables con vistas al ahorro de minerales y de energía.

3ª.- Uso intensivo de las tecnologías de fabricación informatizadas, lo que permite la producción “a medida” y “cerca del consumidor”.

El hecho de que diseño y fabricación se han convertido en partes totalmente separadas en los procesos de fabricación brinda oportunidades a ciertas zonas del planeta donde la fabricación no es posible por carencia de materias primas, o por la lejanía a los puntos de consumo de los productos acabados, para participar en la fase de diseño (fase en la que la disponibilidad de personal cualificado, las buenas condiciones de vida y la conexión telemática total son factores esenciales), la construcción y el ensayo de prototipos.

Esta situación permite, por otra parte, la aparición de pequeñas industrias con personal altamente cualificado, con alto componente tecnológico, flexibles en cuanto a la producción, en contacto directo con el cliente, competitivas frente a los grandes complejos industriales tradicionales. En ellas el factor “formación” prevalece sobre el de materias primas o energía. Este tipo de empresas permiten pasar de una producción masiva unificada a otra producción, también masiva, pero diversificada, a medida del cliente, con sello de identidad y calidad propios, y en ello basan su competitividad.

4ª.- Necesidad de desarrollar toda una nueva “tecnología apropiada” para su aplicación en zonas de bajo nivel de desarrollo en el marco de un desarrollo sostenible planetario. En este contexto las industrias relacionadas con la explotación de las energías renovables, la producción de agua potable, la producción de alimentos seguros, el transporte racional, etc., alcanzan especial relevancia, sin olvidar todas aquellas relacionadas con la formación, el ocio, la salud, la cultura, etc.

5ª.- Necesidad de desarrollar toda una nueva “tecnología apropiada” para su aplicación en zonas de alto nivel de desarrollo, en el marco de un desarrollo sostenible planetario. En este contexto son de destacar, además de las mencionadas para zonas de bajo desarrollo, los productos que supongan un ahorro energético, no solo en la fase de producción, sino también en las de uso y explotación (Por ejemplo, los automóviles movidos por electricidad procedentes de recursos renovables almacenada en baterías de alto coste y baja capacidad no pueden implementar multitud de motores para el accionamiento de elevadoras, movimiento de asientos, etc., lo cual deberá ser conseguido en forma manual, exigiéndose nuevos diseños al respecto). También en este apartado hay que destacar la necesidad del diseño de nuevos productos para la “durabilidad” y la “reparabilidad”.

6ª.- Necesidad de disminuir la fosa tecnológica entre los países mas desarrollados y los menos desarrollados mediante acciones adecuadas en una doble dirección:

Desde el lado de los países menos desarrollados, concentrar esfuerzos en impulsar la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico al servicio de la resolución de sus problemas mas inmediatos y de la generación de una tecnología adecuada a sus potencialidades y necesidades.

Desde el lado de los países mas desarrollados establecer auténticas políticas de “transferencia de tecnología”, en un marco de “colaboración mutua”, lo cual casi siempre pasará por el “desarrollo conjunto” de una “tecnología apropiada”. Esto lleva a un nuevo concepto de la “ingeniería inversa”, entendida como aquella que no copia los productos de la competencia, sino los “productos del pasado” que pueden tener una nueva utilidad, o los productos y procesos de los países “menos avanzados” que pueden ser adaptados a las necesidades de una nueva tecnología sostenible (¿Qué hacen tan bien que un automóvil puede seguir en uso 40 años después?).

En definitiva, la humanidad precisa afrontar una auténtica revolución en la producción industrial, a todas las escalas, y que busque la satisfacción sostenible de todas las necesidades humanas, tanto las materiales como las inmateriales. Y ello teniendo presente la idea que tal revolución es posible. Y especialmente si se afrontan otros modelos de vida menos intensivos en el uso de productos industriales innecesarios, mas adecuados a las nuevas circunstancias climáticas y medioambientales y menos intensivos en el uso de energía y agua potable.

Y en ese contexto el papel de los ingenieros es trascendental.



## **2.- FORMACIÓN PARA EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA:**

### **2.1.- INTRODUCCIÓN**

En términos generales la formación debe considerarse sinónima de aprendizaje, y este como un proceso mediante el cual las actividades realizadas por el aprendiz provocan en el aprendiz experiencias que producen un cambio relativamente permanente en sus conductas, las cuales pueden manifestarse en el área cognoscitiva (posesión de nuevos conocimientos), psicomotriz (posesión de nuevas habilidades) y afectivo volitiva (posesión de nuevos valores, deseos y actitudes).

Aún cuando la experiencia surge a partir de la actividad, lo que produce el aprendizaje es la experiencia, no la actividad, de manera que las actividades pueden ser comunes a un grupo de aprendices pero la experiencia es siempre individual.

Por otro lado para que se alcancen experiencias ha de haber una motivación, tanto previa como durante todo el proceso de aprendizaje, ya que esta es la que impulsa al aprendiz a alcanzar las experiencias que le conduzcan a la adquisición de las nuevas conductas.

Otro aspecto interesante de señalar es la diferencia entre aprendizaje y educación (formación), entendiendo por esta última los aprendizajes que van encaminados a modificar las conductas de los aprendices para llegar a un “deber ser” futuro (partiendo de “un ser” actual) según una concepción del hombre que se considera valiosa en un momento y lugar determinado.

(Un ejemplo aclara bastante bien la diferencia: un aprendiz puede aprender todas las conductas precisas para ser un perfecto asesino, es decir, todos los conocimientos, habilidades y aptitudes que lo capaciten para tal fin. En tal caso habrá aprendido, pero no se habrá educado, pues dichas conductas no se aplican al logro de valores contenidos en el fin de la educación).

Lo expuesto anteriormente supone que los fines de la educación no son constantes, quedando determinados en cada momento y lugar por la “política educativa”, la cual a su vez está definida por la “política nacional” o “proyecto o modelo de país” que sea el deseado.

Por otro lado, también cabe considerar las diferencias entre la educación primaria y secundaria, siempre de carácter socializante (la que permite transmitir las pautas culturales de una generación a otra) y la educación universitaria, encaminada en último extremo a la modificación de la propia sociedad a través de labores de investigación.

En términos operativos, la política educativa de un país abarca múltiples campos, entre los que pueden destacarse:

Planes de estudio (entendidos como el conjunto de materias objeto de estudio, los contenidos de las mismas, las metodologías consecuentes y su estructuración temporal), recursos materiales (instalaciones para la docencia y el aprendizaje, incluyendo laboratorios y talleres), recursos humanos (profesorado y alumnado),

estructuras organizativas y de gestión y entronque con las realidades sociales, culturales, tecnológicas, etc. del país y del mundo.

## 2.2.- PERFILES GENERALES ESPECÍFICOS DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

Teniendo presente todo lo expuesto al hablar de Ciencia, Tecnología e Ingeniería, así como los distintos órdenes de actividad y los perfiles profesionales para su ejercicio, pueden detectarse algunos rasgos generales que identifican la formación de los ingenieros y las diferencian de todas las demás:

- En primer lugar, y como aspecto mas fundamental, la formación adquirida ha de ser aplicable. No se trata solo de usar los productos de la ingeniería, sino de contribuir a generarlos.
- En segundo lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería es fuertemente multidisciplinar, requiriendo conocimientos relacionados con materias científicas diversas, con materias económicas, materias sociales, etc.
- En tercer lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería tiene siempre un carácter bidimensional (conocimientos científicos y de los modos de hacer, es decir, la asociación indisoluble entre la teoría y la práctica).
- En cuarto lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería necesita siempre del aporte de conocimientos científicos, pero solo en la medida que sean necesarios, buscando su aplicabilidad.
- En quinto lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería debe contener aspectos relativos al aprendizaje del discernimiento, de la toma de decisiones.
- En sexto lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería requiere capacidades para el intercambio y procesamiento de la información, así como para relacionarse con otras personas que intervienen en el proceso productivo.
- En séptimo lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería requiere el aprendizaje de técnicas que permitan adecuar la mente a planos diferentes de los perceptibles por los sentidos, captar relaciones espaciales y efectuar labores de análisis y síntesis de sistemas existentes o imaginados.
- En octavo lugar la formación para el ejercicio de la ingeniería, además de aspectos formativos claramente “internacionales” requiere una decidida atención al medio circundante, a los aspectos locales propios de la materialización de la acción tecnológica.

## 2.3.- CONTENIDOS GENERALES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

En términos generales, y en lo que a disciplinas se refiere, la propia definición de la Ingeniería indica cuales han de ser consideradas. Así se tienen cuatro grupos de disciplinas perfectamente diferenciadas y que en mayor o menor grado han de estar presentes, y que denotan el fuerte grado de multidisciplinaridad de estas formaciones:

- I.- Materias básicas científicas
- II.- Materias tecnológicas (generales y especializadas)
- III.- Materias humanistas
- IV.- Materias económicas y medioambientales

Las del primer grupo permitirán al ingeniero poner tales conocimientos al servicio de la actividad tecnológica propia. Por consiguiente es importante que sus contenidos estén adaptados a las especificidades de la ingeniería, tanto en los contenidos como en la metodología empleada. (No se trata de “saber matemáticas”, sino saber aplicarlas” al servicio de la actividad ingenieril. A título de ejemplo, no se trata solo de conocer como se resuelve un sistema de ecuaciones diferenciales, sino que para resolver los problemas implícitos en las vibraciones en árboles de maquinaria, o en estructuras complejas, es preciso saber resolver tales sistemas de ecuaciones).

Dentro de este grupo se encuentran las matemáticas (álgebra y cálculo), teoría general de campos y ondas, física general, mecánica (de sólidos y de fluidos), electromagnetismo, termodinámica, química, biología, informática, etc.

Las del segundo grupo forman al ingeniero en el conocimiento de los materiales, los equipos y los procesos, sus modos de fabricación y sus aplicaciones industriales.

Pueden mencionarse algunas de ellas como el conocimiento de materiales, comportamiento de los materiales en servicio, mecanismos y máquinas, estructuras, circuitos eléctricos y electrónicos, máquinas eléctricas, procesos químicos, procesos biológicos, métodos de fabricación, instrumentación, diseño de componentes (mecánicos, eléctricos, electrónicos), etc.

Las del tercer grupo permitirán al ingeniero aplicar correctamente su actividad sobre las personas con las que esta se relaciona, sea a nivel de los profesionales con los que colabora, como a nivel de los destinatarios de la propia acción tecnológica.

Cabe considerar aquí la gestión de recursos humanos, seguridad laboral, ética, sociología industrial, historia de la ingeniería, idiomas, etc.

Las del cuarto y último grupo permiten al ingeniero actuar en función de los factores económicos que definen todo proceso productivo y los impactos ambientales, la dirección de empresas industriales de todo tipo y la capacitación para la emprendeduría.

Pueden considerarse en este grupo la economía (micro y macro), administración de empresas, entidades económicas y financieras, impactos medioambientales y su corrección, etc.

Como es lógico, el número de materias (diversidad o multidisciplinaridad), la amplitud de los contenidos de cada una (nivel de profundización, de conceptualización o de abstracción), la interconexión horizontal y vertical entre ellas, las metodologías a aplicar (enfoques casuísticos mas o menos superficiales y directamente aplicables frente a otros fuertemente estructurados y soportados por teorías mas profundas y con mayor rigor y formulismo), los soportes prácticos (incluyendo no solo los laboratorios y talleres sino también las estancias en empresas) y la confección de trabajos de graduación exigen una adecuada estructuración de todas estas disciplinas y metodologías, lo cual está directamente relacionado con el orden de actividad que tal formación pretenda cubrir.

## **2.4.- ACOMODO DE LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS A LOS ÓRDENES DE ACTIVIDAD. LOS ÓRDENES FORMATIVOS**

A partir del análisis de los distintos órdenes de actividad, y de los perfiles profesionales consecuentes, pueden deducirse los diferentes órdenes formativos implícitos en el ejercicio de la ingeniería, entendiendo por tales aquellos que sustentan objetivos, contenidos y metodologías claramente diferenciados.

En efecto, tres aspectos pueden destacarse al respecto:

En primer lugar, y dentro de los ordenes relacionados con la producción, la diferencia mas importante es que en el primer orden predominan las conductas psicomotrices mientras que en todos los demás predominan las cognitivas (que predominen no significa que las otras no estén presentes).

Por otra parte, los órdenes 2º y 3º se ejercitan en un entorno tecnológico acotado, conocido, predeterminado, sin que los actores puedan modificarlo, mientras que el 4º se ejercita en un entorno complejo y que además se encuentra sometido a continuas revisiones y adaptaciones

En segundo lugar, y dentro de los ordenes asociados a la proyectación, la diferencia entre el 5º y el 6º orden también es clara, por cuanto del simple conocimiento o habilidades en un campo perfectamente acotado y definido se pasa a la aplicación de conocimientos y habilidades con vistas al uso del discernimiento entre diversos factores no exclusivamente técnicos.

En tercer lugar el 7º orden se diferencia claramente de todos los demás por cuanto que los individuos que lo practican tienen que tener conocimientos y capacidades para la innovación tecnológica, para salirse de las pautas tecnológicas al uso.

De acuerdo con lo anterior pueden definirse tres órdenes formativos claramente diferenciados y plenamente justificados en si mismos. Uno encaminado a promover conductas en el dominio psicomotriz (predominantemente), denominado primer orden formativo; otro encaminado a promover conductas en el dominio cognitivo y afectivo volitivo en el seno de una “ingeniería estática”, denominado segundo orden formativo; y finalmente un tercero encaminado a promover conductas en el dominio cognitivo y afectivo volitivo en el seno de una “ingeniería en cambio”, denominado tercer orden formativo.

En particular este último orden formativo requiere no solo un conocimiento profundo de materias básicas científica, tecnológicas y económicas, sino otras que procuren el salto a la creatividad y la innovación, aspectos estos que difícilmente surgen del sólo conocimiento científico o técnico adquirido.

Todos estos órdenes se refieren a lo que se conoce como “formación de grado”. Sobre estas formaciones básicas pueden fundamentarse otras mas especializadas, las denominadas formaciones de postgrado.

## 2.5.- CONTENIDOS Y METODOLOGÍAS DE ACUERDO A LOS ÓRDENES FORMATIVOS

### Primer orden formativo:

Se refiere a aquél que cubre el primer orden de actividad, en el que privan las actividades de ejecución, y que exigen una formación centrada (preferentemente, pero no exclusivamente) en conductas en el área psicomotriz.

Desde el punto de vista de los contenidos se requiere una gran especialización y en él los aspectos prácticos del aprendizaje superan a los puramente teóricos aún cuando sin prescindir de ellos.

Desde el punto de vista metodológico este orden implica una enseñanza eminentemente práctica (manual o intelectual) sin apenas soportes teóricos. Las técnicas de docencia son de corte directivo, repetitivas, con actividades fuertemente individualizadas.

La realización de trabajos prácticos, dentro del sistema educativo o en empresas colaboradoras, es esencial.

La aplicabilidad y la inmediatez de la aprendido es esencial.

### Segundo orden formativo:

Se refiere a una formación en técnicas relacionadas con la producción, la organización y dirección de procesos productivos y la proyectación en campos perfectamente predefinidos en su naturaleza y en sus objetivos (tecnología “estática”) y por tanto requerirá un enfoque diferente a la hora de formar los especialistas respecto del primer orden.

Cubriría en segundo, tercero y quinto orden de actividad en el ejercicio de la ingeniería.

Desde el punto de vista de los contenidos esta formación implica la posesión de conocimientos sobre técnicas de ejecución concretas (con una multidisciplinaridad limitada), así como sobre técnicas de organización y gestión de la producción y del personal a su servicio, además del proyecto de instalaciones, todo ello en áreas perfectamente acotadas y conocidas.

Desde el punto de vista metodológico, este orden requiere aprendizajes a nivel de técnica en campos acotados, específicos y conocidos, por lo que la metodología ha de ir encaminada al dominio de esas técnicas, con los imprescindibles soportes teóricos, en base a una enseñanza también de corte directivo, con el uso extensivo de formularios y manuales, sin entrar en demasiadas justificaciones teóricas y en todo caso con enfoques “casuísticos”, con un entrenamiento profundo en la toma de decisiones dentro de esas técnicas concretas, con un importante recurso a los trabajos prácticos muy relacionados con la producción, mantenimiento, gestión, etc.

Tales trabajos prácticos habrán de ser realizados, en parte y necesariamente, en el seno de empresas, de manera que la formación recibida sea real y aplicable.

En este orden formativo también es esencial la aplicabilidad e inmediatez de lo aprendido.

### Tercer orden formativo:

Este orden formativo significa un cambio drástico respecto del tercer orden, por cuanto que de la ejecución de actividades en procesos conocidos se pasa a la definición de los propios procesamientos, yendo de condiciones técnicas predefinidas al ejercicio cada vez más vasto de la discrecionalidad en la elección de soluciones (o en la manera de recurrir a soluciones conocidas, solas o en combinación).

Igualmente, la consideración de factores relacionados con aspectos económicos, sociales, medioambientales, etc., será otra característica a tener en cuenta, junto con la necesidad de tener en todo momento presente la realidad industrial, a todos los niveles.

Cubre el cuarto, sexto y séptimo órdenes de actividad y se encamina a dotar al ingeniero de habilidades técnico – económicas – organizativas – creativas que le permitan definir y poner en marcha procesamientos no predefinidos en cuanto a su naturaleza, objetivos y equipamiento, así como a la introducción de innovaciones en los productos, equipos y procesos.

Desde el punto de vista de los contenidos esta formación difiere de la del tercer orden por cuanto que del dominio de técnicas específicas ha pasarse a amplios conocimientos en materias científicas, técnicas, económicas, humanísticas, medioambientales, etc. muy diversas (elevada multidisciplinaridad).

Del enfoque “casuístico” propio del segundo orden se pasa a un enfoque de la formación fuertemente estructurado, con alto nivel de conceptualización y abstracción, como bases previas a la aplicabilidad, de manera que el uso de normas y catálogos deben considerarse herramientas auxiliares.

(Por ejemplo, una amplia formación sobre teoría de campos debe ser previa a los estudios de mecánica de los fluidos, de electromagnetismo, etc.)

Desde el punto de vista de la metodología este orden requiere un enfoque totalmente diferente a la del tercero.

La formación de este orden requiere una metodología de corte no directivo, que busque el reforzamiento de la discrecionalidad, la creatividad y la búsqueda de nuevas oportunidades de innovación tecnológica.

La introducción de temas de discusión en relación a problemas a resolver mediante una acción tecnológica, el desarrollo de trabajos individuales (a nivel de diseños y proyectos innovadores), el desarrollo de trabajos en grupo, la participación en seminarios, la redacción de proyectos e informes, etc., serán las actividades más propias de este orden.

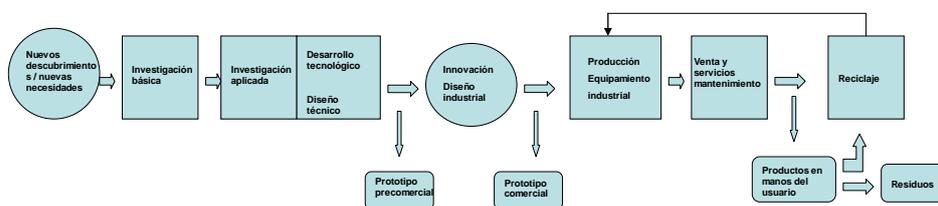
A diferencia del segundo orden, en este no se precisa una intensa inmersión en la “realidad empresarial”, pero si que los trabajos confeccionados estén conectados con la realidad industrial.

Todo ello encaminado a lograr lo que el estudio de una serie de materias dissociadas no puede conseguir: el sentido del discernimiento, la capacidad de autocrítica, la cooperación en grupos de trabajo, las facultades de anticipación y de innovación, el sentido social de la acción ingenieril, etc.

A título de resumen pueden señalarse como características generales de la formación de ingenieros en sus diferentes órdenes las siguientes:

- Los periodos formativos son cada vez más largos.
- Los grados de abstracción requeridos son cada vez más altos.
- La importancia de la conceptualización en el enfoque de los problemas es más elevada.
- El grado de interdisciplinaridad y de amplitud de los conocimientos es cada vez más alto.
- La importancia del análisis y de la síntesis en el trabajo es creciente.
- La trascendencia de las acciones derivadas del propio trabajo es cada vez mayor.
- La especialización y la concreción del conocimiento sobre las operaciones es cada vez menos importante.
- El grado de inmediatez en la aplicabilidad de la acción es cada vez menor.

### De la necesidad al producto: Órdenes formativos



Primer orden formativo (primer orden de actividad)  
Formación práctica. Mínimos soportes teóricos. Metodología directiva y repetitiva.

Segundo orden formativo (segundo, tercero y quinto orden de actividad)  
Formación técnica. Soportes teóricos medios. Fuerte apoyo en manuales y catálogos. Metodología directiva.

Tercer orden formativo (cuarto y sexto orden de actividad).  
Formación científico – técnica profunda. Metodología no directiva. Creatividad.

Tecnología estática

Primer orden formativo

Segundo orden formativo

Quinto orden formativo

Cambio tecnológico

## 2.6.- LA FORMACIÓN DE POSTGRADO PARA EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA

Los estudios de grado, por sus propias limitaciones, no capacitan al ingeniero para su máximo rendimiento en una actividad profesional específica que requiera una capacitación mas elevada, tanto sea en conocimientos mas profundos como una elevada experiencia profesional.

De ahí se deriva la necesidad de completar su formación con estudios de postgrado, casi siempre ligados a una actividad profesional concreta, es decir, fuertemente especializados.

La formación de postgrado presenta dos vertientes diferenciadas en la formación de los ingenieros: una encaminada a una profundización en un área concreta de la ingeniería y que conduce a una Maestría y otra encaminada a la ejecución de labores de investigación básica tecnológica y aplicada que conduce al Doctorado.

Los estudios de maestría tienen por finalidad alcanzar la máxima profundización en los conocimientos implícitos en una actividad industrial concreta y ya existente, incluyendo todos los aspectos de la misma (lo cual puede exigir, aún cuando no siempre, la ampliación de conocimientos básicos y tecnológicos que podrían considerarse propios de la misma como también otros colaterales, es decir, una formación en muchos casos multidisciplinar y también bidimensional).

Aún cuando el concepto de maestría sea único, existen importantes diferencias entre una maestría del segundo orden formativo y otra del tercero.

- En el primer caso la maestría requiere el dominio de una tecnología existente en un campo muy concreto de la misma, a nivel de operación, implementación, etc.: por ejemplo, Maestro en turbinas de ciclo combinado, o maestro en sistemas de automoción, etc.  
Esta maestría culmina con un trabajo teórico - práctico final del alumno en el que demuestre el dominio de las técnicas y conocimientos involucrados en el campo de actividad de la misma, con especial énfasis en su aplicabilidad industrial, y sin pretender introducir cambios en la misma.
- En el segundo caso, es decir, una maestría a partir del tercer orden formativo, se requiere el dominio de una tecnología concreta pero desde todas sus vertientes (con todos los conocimientos científicos y técnicos que la sustentan) y además encaminada a la introducción de alguna innovación en la misma. Por ejemplo, maestro en diseño de turbinas de ciclo combinado, o maestro en el diseño de nuevos sistemas de automoción (o de alguno de sus componentes)  
Esta maestría también culmina con un trabajo teórico - práctico final en el que demuestre no solo el dominio de las técnicas y conocimientos involucrados en el campo de actividad de la misma, sino que sea capaz de proponer alguna idea innovadora en tal campo. (Mas concreta, y mas factible, que lo que podría ser un Proyecto de Fin de Carrera del tercer orden formativo)

Por razones obvias los estudios de maestría difícilmente pueden llevarse a cabo en el seno de una institución educativa “convencional”, como es el caso de las universidades, y el concurso de las empresas es esencial en este tipo de formación.

Los estudios de doctorado en ingeniería tienen por finalidad alcanzar una máxima capacitación para acometer con éxito trabajos encaminados a introducir cambios en los productos, procesos y métodos, es decir, para su actuación en el seno de una ingeniería “en cambio”, “no existente”.

Ello no solo exige la profundización de conocimientos en el campo específico que abarque una línea de investigación concreta sino también en todas aquellas que de forma directa o indirecta puedan guardar relación con ella (multidisciplinaridad). Además es muy importante la profundización en conocimientos y técnicas relacionadas con la creatividad, técnicas de investigación, técnicas de simulación, técnicas de comunicación, etc., todo ello aplicado a la línea específica de investigación que haya sido elegida.

Los estudios de doctorado culminan con una tesis doctoral en la que el alumno debe aportar una innovación relevante en el campo de que se trate, tanto si se trata de una investigación tecnológica básica como aplicada.

La titulación alcanzada es la de doctor en un campo amplio de la ingeniería, por ejemplo, Ingeniería Aeronáutica, y no en un campo específico de la misma.

De acuerdo con esto, el doctorado parte del tercer orden formativo (o de un “curso predoctoral” para los graduados del segundo orden formativo)

Eventualmente puede considerarse una tercera opción encaminada a complementar ciertas formaciones de grado de cara al ejercicio de varios órdenes de actividad simultáneamente y en especial a aquellas que conducen a labores de Proyección y Dirección de Empresas.

En el primer caso se trata de “grados de doble especialidad” y en el segundo los “grado en XX y en proyección” (que pueden cubrir el 2º, 3º y 5º orden de actividad dentro del segundo orden formativo, o los órdenes 4º, 6º y 7º dentro del tercer orden formativo)



### 3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PROFESORES PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

#### Generalidades:

Un aspecto clave en la formación de cualquier disciplina lo constituye el profesor en la medida que este es el que planifica, informa, conduce, estimula (motiva) y evalúa todo el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Para ello cuenta con sus propias experiencias (las conductas adquiridas para tal función) y motivaciones, y realiza múltiples actividades, no solo en el campo docente sino también en el de gestión.

- Entre las primeras cabe considerar la preparación de la docencia, tanto teórica como práctica y con todos los recursos tecnológicos a su alcance, la impartición de tal docencia recurriendo a las diferentes técnicas a tal fin, las tutorías y la conducción de grupos, la dirección de trabajos y proyectos incluyendo los de graduación, la evaluación del aprendizaje también recurriendo a diversas técnicas, etc.
- Entre las segundas cabe señalar las tareas administrativas relacionadas con la propia docencia, reuniones de trabajo con vistas a la planificación de la misma, publicaciones docentes, etc.

Normalmente el ámbito de actuación de un profesor se circunscribe a una disciplina concreta, o a un área de disciplinas afines.

Para alcanzar el estatus de profesor se exigen una serie de pasos a partir de su graduación, que normalmente comienza con la de profesor ayudante y termina con la de catedrático, constituyendo todo ello lo que se conoce como “carrera docente”.

Cada nivel supone la asunción de una serie de conductas (cognitivas, psicomotrices y afectivo volitivas) relacionadas con las disciplinas a su cargo, además de otras relacionadas con las técnicas de docencia y aprendizaje, que le capacita para transmitir las a los alumnos, además de otro conjunto de responsabilidades asociadas a las tareas administrativas y de gestión.

(Por ejemplo, a un profesor ayudante solo le es exigible el conocimiento parcial o total de una disciplina y ha de moverse dentro de las pautas metodológicas que le sean impuestas, mientras que a un catedrático le son exigibles un máximo nivel de conocimientos en un paquete de disciplinas directa o indirectamente conexas, incluyendo la total puesta al día de las mismas, al tiempo que sea capaz de proponer nuevos contenidos, actividades, metodologías y planificaciones encaminados a mejorar el aprendizaje de los alumnos) (“sentar cátedra”)

El paso de una situación a otra (la carrera docente) exige una evaluación de sus actividades como profesor en cada nivel y unas pruebas que acrediten su preparación para el salto de uno a otro.

Un caso especial de profesor es el de aquel que debe formar para tareas de investigación (formación de investigadores), cuestión que normalmente se da en gran parte de los estudios universitarios. En este caso, además de los conocimientos y motivaciones propias para llevar a cabo la tarea docente, se suman los conocimientos

y motivaciones para la formación de investigadores, lo que exige que el mismo sea investigador.

(Como puede observarse, no se trata de investigadores que eventualmente imparten docencia, sino profesores que realizan investigación para trasladar sus resultados y métodos a los aprendices doctorandos).

En este caso las labores del profesor – investigador son mucho mas complejas, y sus responsabilidades también: realizar las tareas propias de la investigación, coordinación con el grupo de investigación y dirección en su caso, publicación de los resultados, búsqueda de recursos (especialmente económicos), dirección del personal a su cargo, etc.

(Obviamente en las instituciones que comparten docencia e investigación pueden darse las figura de docente – docente, docente – investigador, investigador – docente e investigador – investigador)

Si la evaluación del rendimiento de un profesor es una tarea compleja, mucho mas lo es la del profesor – investigador (o la del investigador – profesor)

En el caso de “solo profesor” el rendimiento se mide esencialmente por el rendimiento de los propios alumnos (resultados del proceso de aprendizaje, aún cuando en un marco concreto de tal docencia), mientras que en el caso de “profesor – investigador” la evaluación de la docencia se suma la de investigación, tanto mediante el rendimiento de sus doctorandos como por los resultados de la propia investigación. El “peso” que se establezca entre ambas evaluaciones es muy importante, puesto que este determinará la respuesta del profesor – investigador: mas énfasis en la docencia y poco en la investigación, o gran esfuerzo en la investigación y poco en la docencia (considerada, en último extremo, como una actividad marginal y quizás hasta engorrosa)

Y estas posiciones extremas pueden ocurrir tanto en la etapa de promoción académica como en la de promoción profesional (económica o de otro tipo, como cargos académicos):

- En el caso de primar la investigación el resultado puede ser la existencia de profesores desmotivados, o que simplemente desconocen las materias que imparten en su conjunto, o de investigadores cuyo único afán en la investigación es “labrarse un curriculum”, mas allá de la exigible utilidad de los resultados de su investigación (los investigadores prolíficos, con varios artículos cada año derivados de una cuidadosa selección de los contenidos de los mismos o de la selección de las revistas mas adecuadas a cada caso, los artículos con múltiples firmas, los artículos venales, etc. son una muestra de las “desviaciones” que con esta forma de evaluar pueden conseguirse)
- En el caso de primar la docencia, el resultado el resultado puede ser profesores – investigadores totalmente ajenos a la investigación, cerrados sobre conocimientos limitados y muchas veces obsoletos, incapacitados para ejercer uno de los papeles principales de la Universidad, cual es el progreso del conocimiento.

### Particularidades del profesor de ingeniería:

De acuerdo a todo lo señalado respecto a la formación para el ejercicio de la ingeniería, existen sustanciales diferencias entre los profesores que se dedican a la formación de ingenieros y todos los demás, y que es imprescindible tenerlas en cuenta si se desea que la formación de los estudiantes de ingeniería sea correcta.

- La primera diferencia tiene que ver con la multidisciplinaridad de la formación para el ejercicio de la ingeniería (de los ingenieros), lo que se traduce en que sus profesores también han de poseer tal multidisciplinaridad de conocimientos para que las formaciones específicas que impartan puedan inscribirlas en el contexto global de la ingeniería, logrando con ello la imprescindible motivación de sus alumnos.  
(No se trata de explicar como se invierten matrices en la disciplina de álgebra, sino que ello debe exponerse como una necesidad asociada al análisis de las vibraciones en el árbol de una máquina, por ejemplo)
  
- La segunda diferencia tiene que ver con la bidimensionalidad de la formación para el ejercicio de la ingeniería, lo que implica que estos profesores no solo tienen que conocer los aspectos teóricos de la disciplina que imparten sino también de los modos de aplicación de los mismos, lo cual exige, en mayor o menor grado, una conexión de estos profesores con el mundo real de la ingeniería, que obviamente no es el que se vive en el interior de las universidades.  
Los trabajos y estancias en empresas, proyectos en colaboración, etc. de los profesionales de la enseñanza es una forma tradicional de cubrir esta bidimensionalidad, así como también la impartición de cursos específicos, bajo demanda, de profesionales de la empresa en la universidad.  
(Obviamente un profesor que carezca de experiencias en la “ingeniería real” estará imposibilitado para trasladar a sus alumnos unas experiencias clave para su aprendizaje como ingenieros, o lo que es igual, incapacitado para motivarles en unos estudios en general complejos y exigentes)
  
- La tercera diferencia tiene que ver con los órdenes formativos implícitos en la formación de ingenieros que introduce diferencias importantes no solo entre los profesores dedicados a la formación de ingenieros de aquellos otros dedicados a otras profesiones, sino también diferencias importantes entre los propios profesores de ingeniería (naturalmente, si se desea que la formación por ellos impartida sea adecuada, eficiente y aplicable, y que el rendimiento del sistema educativo sea óptimo).  
En efecto, basta con analizar los conocimientos, capacidades y actitudes asociadas a los diferentes órdenes formativos, así como las sustanciales diferencias en las metodologías a aplicar en cada uno, para entender que los profesores también han de tener conocimientos, capacidades, aptitudes y metodologías claramente diferenciadas.  
(Aunque sea un ejemplo extremo, es evidente que un doctor en ingeniería no sería el profesor mas adecuado para impartir docencia en el primer orden

formativo, por múltiples razones: su formación es inadecuada a tal fin, sus capacidades serían totalmente desaprovechadas, la transmisión de motivaciones al alumno se vería mermada o incluso podría ser negativa, etc.)

Las diferencias mas sutiles, pero no por ello menos importantes, se dan entre los profesores del segundo orden formativo y los del tercero. En efecto, los primeros han de poseer un grado de multidisciplinaridad de conocimientos medios, un grado de profundidad y de abstracción de los mismos no muy elevado, un dominio de técnicas concretas, una metodología directivista y una gran conexión con las realidades industriales de la ingeniería, mientras que los segundos deben disponer de unos conocimientos fuertemente multidisciplinarios, con un elevado nivel de abstracción y conceptualización de los mismos, una continua puesta al día de los conocimientos y técnicas en sus disciplinas, utilizando una metodología no directivista y con dominio de técnicas de creatividad capaces de inculcar en los alumnos las capacidades precisas para generar los cambios tecnológicos que de ellos se esperan.

Por todo lo expuesto parece evidente una clara separación del profesorado entre los dos órdenes, si se desea que la formación de los alumnos sea correcta, aún cuando esta separación no implique un orden jerárquico entre ellos (se trata de tareas diferenciadas pero igualmente valiosas) (Normalmente un profesor traslada a sus alumnos sus conocimientos y sus motivaciones, por lo que si las mismas son ajenas al orden formativo donde imparte su docencia es muy posible que distorsione la formación de sus alumnos, o que se encuentre sometido a frustraciones, o que haga bajar el rendimiento del propio sistema educativo, etc. Tal podría ser el caso de un doctor en ingeniería, capacitado y motivado para la investigación y con una formación profundamente conceptual, obligado a impartir docencia en el segundo orden formativo, donde debe recurrir a unas enseñanzas casuísticas, con recursos a catálogos y una metodología no creativa)

- Una cuarta diferencia tiene que ver con el acceso al profesorado de ingenierías y aquí existen dos cuestiones diferenciadas: la primera tiene que ver con la titulación de origen (ingeniero Vs. no ingeniero), y la segunda con la competencia que el mercado laboral externo al sistema educativo ejerce sobre el candidato a profesor:
  - Por todas las razones expuestas en los puntos anteriores es obvio que el profesor de ingeniería debe tener la formación de ingeniero, en el orden adecuado, lo que supone ser ingeniero o tener una formación adicional que sea equiparable.
  - En cuanto a la competencia en un mercado laboral abierto lo único que puede resaltarse es la gran motivación por la docencia y la investigación que muestra la mayoría de estos profesionales, cuando podrían optar por otros trabajos mucho mejor remunerados y de mas rápida promoción.

- Una quinta diferencia se refiere a la promoción interna de los profesores de ingeniería, a la consecución de una carrera profesional plena, lo cual va indisolublemente unido a las formas de evaluación de sus rendimientos como tales.

Como se desprende de lo señalado anteriormente es necesario diferenciar la promoción de un profesor de ingeniería (su carrera profesional) de acuerdo al orden formativo en el que se encuentre adscrito.

En este contexto las diferencias más acusadas se encuentran entre los profesores del segundo y del tercer orden, en la medida que una de las tareas de estos últimos es la formación de ingenieros con capacidad de introducir cambios en la tecnología al uso, es decir, la realización de tareas de investigación aplicada e innovación. Y ello supone que tales profesores han de ser también investigadores y por tanto han de ser evaluados en esa doble faceta con vistas a su promoción profesional.

En relación a la promoción como docente de los profesores de ingeniería lo único que cabe decir es que por lo general esta poco valorada y con mecanismos de evaluación cuando menos poco rigurosos, y ello ocurre en todos los órdenes formativos.

Pero tal valoración es mucho más deficiente en el tercer orden formativo, donde la evaluación como docente puede quedar enmascarada con la evaluación como investigador, siendo esta última la que impera en la mayoría de los casos (refiriéndose siempre a la figura del profesor - investigador, y no a la de investigador - profesor).

De acuerdo con lo señalado en el punto 1.4 la evaluación de la investigación aplicada en un profesor – investigador del tercer orden formativo está muy condicionada por aspectos inherentes a la propia ingeniería, a los resultados de tales investigaciones.

Así, cuando los resultados son documentos publicables puede valorarse por el nivel de la revista en que se publica, que a su vez exige una evaluación externa (por pares), mientras que cuando los resultados son patentes de invención el criterio más extendido es su aplicación industrial es decir, su conversión en una innovación.

Tal situación de “acople” entre la invención y su puesta en práctica, cosa que muchas veces no sucede por razones muy diversas (muchos inventos de alto valor creativo permanecen inéditos por razones de competencia de mercado, por ejemplo), puede impedir el reconocimiento debido al ingeniero de concepción como “investigador en tecnología”.

(De hecho las revistas de alto impacto en áreas tecnológicas no han surgido sino en fechas muy recientes, recogiendo en ellas más los trabajos de investigación básica tecnológica que de investigación aplicada, lo que de alguna manera ha impulsado al profesor de ingeniería que buscaba su promoción dentro del sistema educativo a centrarse más en la primera que en la segunda, lo que ha significado, por otra parte, una progresiva separación del mundo académico del industrial, una especie de “teorización de la ingeniería”)

Las consecuencias de esta situación pueden ser muy negativas, especialmente cuando el grado de doctor es exigido para el acceso a la condición de profesor de ingeniería, no solo en el tercer orden, sino también, inexplicablemente, en el segundo.

El resultado es que muchos centros de formación de ingenieros se van poblando de doctores no ingenieros, mientras que la promoción de los doctores ingenieros se dificulta enormemente, obligándoles a separarse, cada vez mas, de una investigación aplicada asociada a las realidades industriales (en la valoración de la investigación de los ingenieros pesa mucho mas todo tipo de artículos en revistas de alto impacto que las patentes u otro tipo de trabajos y proyectos, aún cuando presenten una alta innovación en si mismos).

Todo ello se traduce, como no puede ser menos, en un progresivo deterioro de la formación de ingenieros en sus diferentes órdenes y en último término en una pérdida de la competitividad del país basada en la innovación tecnológica.

Naturalmente esta situación es mas grave en países con poco desarrollo tecnológico y fuerte peso de un funcionariado docente “no ingeniero” celoso de sus competencias y ávido de acaparar parcelas de actuación.

Para evitar estos problemas los sistemas educativos del mundo mas desarrollado reconocen un “estatus diferenciado” para el profesor – investigador del tercer orden formativo de la ingeniería basado en el reconocimiento de sus méritos en los campos de la investigación aplicada y la innovación, valorados no solo por los artículos publicados en revistas sino mucho mas en la consecución de patentes, la realización de proyectos con alto grado de innovación, la transferencia de los resultados al tejido empresarial e incluso la capacidad de impulsar nuevas spin off de base tecnológica.

*(Por todas las consideraciones anteriormente expuestas se está planteando en algunos países la posibilidad de distinguir entre dos tipos de doctores: el doctor tradicional (el “philosophy doctor” en la terminología anglosajona) propio de las áreas científicas y humanistas, es decir, las relacionadas con la investigación básica y el “doctor profesional”, relacionado con la investigación aplicada y la innovación. Esta propuesta abre paso a una nueva fórmula de incorporación a las tareas formativas de los profesionales de la empresa, cual es el reconocimiento del grado de doctor a aquellos titulados del tercer orden formativo que a través de su actividad profesional hayan demostrado su capacidad investigadora (múltiples patentes o proyectos con alto nivel de innovación) y que mediante un curso corto de adaptación puedan convertirse en profesores del tercer orden formativo. Con ello se asegura una mayor simbiosis entre la universidad y la empresa en los diferentes campos de la ingeniería).*

#### 4.- EL PERFIL DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

De acuerdo a lo señalado en los puntos anteriores es fácil deducir el perfil apropiado de los estudiantes que accedan a este tipo de estudios y que en gran medida difiere de aquellos otros que se inician en otro tipo de estudios no técnicos.

Como rasgos mas generales y comunes a los dos órdenes formativos (segundo y tercero) pueden mencionarse:

- Interés por la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos y menos por los conocimientos mas especulativos
- Interés no solo por “saber” sino también por “hacer”
- Capacidad imaginativa
- Capacidad de estudio y fuerza de voluntad
- Buenas bases de conocimientos científicos implícitos en sus estudios secundarios e interés por los mismos (bachillerato, formación profesional)
- Facilidad para el manejo de sistemas y programas informáticos
- Interés y capacidad para el trabajo en grupo
- Etc.

Como rasgos diferenciados de los diferentes órdenes formativos (segundo y tercero) pueden destacarse:

- Capacidad e interés para asimilar una formación multidisciplinar mayor en el tercero
- Capacidad e interés para la conceptualización de los conocimientos mayor en el tercero.
- Capacidad para el análisis y la síntesis mayor en el tercero que en el segundo.
- Capacidad para asimilar relaciones espaciales y visiones de conjunto mayor en el tercero
- Capacidad para la toma de decisiones ante diferentes alternativas (incluyendo asunción de riesgos) mayor en el tercero.
- Interés por la inventiva, por “romper con lo conocido”, mayor en el tercero
- Interés por la aplicabilidad directa de los conocimientos adquiridos mayor en el segundo.
- Capacidad e interés por los trabajos “prácticos” mayor en el segundo
- Capacidad para integrarse en grupos de trabajo estables mayor en el segundo (menos individualismo)

Como es obvio estos rasgos iniciales se van reforzando a lo largo de todos los estudios, hasta alcanzar los perfiles profesionales que cada orden de actividad requiere y con los cuales cada ingeniero se identifica y satisface.

Una cuestión importante en este contexto es la selección de los futuros estudiantes de ingeniería para lo cual todos los candidatos deberían someterse a una orientación y a una autoevaluación (test de autoevaluación) que les permitiera conocer de antemano sus posibilidades y aptitudes para llevar adelante estos estudios con éxito.

(Como se verá mas adelante, una segunda autoevaluación les permitirá decidir si eligen el segundo o el tercer orden formativo)

## 5.- ESTRUCTURA EDUCATIVA PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

### 5.1.- CONSIDERACIONES INICIALES

Antes de exponer lo que podría ser una estructura lógica para los estudios de ingeniería, de acuerdo a los diferentes órdenes de actividad y formativos, conviene puntualizar:

1ª.- En todo lo que sigue se hará abstracción de las estructuras académicas al uso y se presentará una estructuración de los estudios de acuerdo a los ordenes de actividad y a los ordenes de formación analizados anteriormente.

2ª.- Por razones conceptuales obvias el primer orden formativo puede quedar al margen del sistema universitario y no será considerado.

3ª.- La existencia de ordenes de actividad diferenciados, y los consecuentes órdenes formativos también diferenciados, con contenidos y metodologías diferenciadas, indica que cada uno tiene plena razón de su existencia, y que los individuos en ellos formados deben haber visto satisfechas sus aspiraciones de cara a la realización de una profesión en el campo de la ingeniería.

Ello significa que no existe, ni puede aceptarse, una existencia una prevalencia de un orden sobre otro, tanto académica como social.

4ª.- Aunque gran parte de las materias contempladas en los estudios de ingeniería tienen igual denominación en unos que en otros ordenes, e incluso cuando la denominación de los contenidos puedan ser similares, la profundidad conceptual en el tratamiento de los mismos, las herramientas matemáticas empleadas y los enfoques metodológicos pueden (y en muchos casos deben) ser totalmente diferentes, lo cual impide la intercambiabilidad de muchas de las materias cursadas en ordenes diferentes.

(No son intercambiables una materias como electromagnetismo, mecánica de fluidos o elasticidad enfocadas sobre formulaciones convencionales encaminadas a su directa aplicabilidad tecnológica, que formuladas sobre una amplia base de teoría de campos, por ejemplo, encaminada a su utilización para la generación de cambios tecnológicos)

5ª.- Todo lo anterior señala la incorrección de una enseñanza puramente lineal y progresiva entre el segundo y tercer orden.

En efecto, sería muy complicado y costoso (en tiempo y recursos de todo tipo) formar a una persona en un campo específico, con contenidos limitados y metodologías casuísticas y de corte directivo y luego, una vez conseguido, reeducarla con otros contenidos mas conceptuales y metodologías completamente diferentes. (Es obvio que el cerebro madura y se estructura de forma diferente en uno u otro caso)

Ello es tanto mas cierto cuanto mas correcta y aceptada por los individuos sea la formación adquirida en los dos órdenes, dado que cada uno de los ellos juega un papel específico y cerrado (completo) en el proceso tecnológico.

Desde un punto de vista social es importante resaltar que la formación lineal y progresiva puede conducir a que los ingenieros formados en el segundo orden puedan considerarse como los no pudieron llegar al tercero, que sería la plenitud de la ingeniería.

6º.- En todo caso las consideraciones anteriores no impiden ciertas combinaciones entre diferentes órdenes a la hora de confeccionar las formaciones de los ingenieros, entre otras razones porque existe un amplio número de materias que tienen un contenido y metodología completamente similares en los diferentes órdenes y por tanto son intercambiables.

7º.- La formación de ingenieros debe distinguir claramente las que son “de grado” de aquellas “de postgrado”, y el encaje de estas últimas en los diferentes órdenes formativos.

## **5.2.- ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN EN LA FORMACIÓN PARA EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA**

Otro aspecto fundamental en la formación de ingenieros lo constituye su acomodo a los muy diversos campos de especialización de la ingeniería y a la necesidad de tomar en consideración los diversos órdenes formativos.

En la actualidad, y en un futuro previsible, existen una serie de especialidades de la ingeniería claramente definidas, pero que podrían agruparse en grandes áreas que comparten un tronco común, y que deberían tenerse presentes a la hora de implementar los planes de formación de ingenieros.

Tales áreas son las siguientes:

Área I.- Mecánica, Naval, Aeronáutica, Metalurgia y Minas

Área II.- Civil, Edificación

Área III.- Electricidad, Electrónica, Telecomunicaciones

Área IV. Química, Textil, Nuclear y Materiales

Área V.- Agrícola, Forestal, Biotecnológica y Médica

Área VI.- Ingeniería de Organización Industrial e Ingeniería del Medioambiente (Ingeniería Industrial)

(Como puede observarse, el área VI es claramente horizontal, relacionándose de una u otra forma con todas las demás)

Esta subdivisión por grandes áreas permite dotar de una amplia troncalidad a la formación de los ingenieros y un mas fácil trasvase de unas a otras lo que supone, además, una optimización de los recursos humanos y materiales puestos al servicio de la formación de ingenieros.

La complejidad de contenidos de cada una de las áreas anteriores exige la subdivisión de algunas de ellas, especialmente en el segundo y tercer orden formativo, de manera que la formación recibida sea mas directamente aplicable.

Así por ejemplo, dentro de la especialidad de Ingeniería Mecánica cabrían las subespecialidades de Construcción de Maquinaria, Explotación y Mantenimiento de Maquinaria, Fabricación Automatizada, etc.

### **5.3.- ACOMODO DE LOS ÓRDENES FORMATIVOS A LOS ÓRDENES DE ACTIVIDAD EN LA FORMACIÓN PARA EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA**

Tal como se he expuesto, el segundo orden formativo abarca el segundo, tercero y quinto órdenes de actividad, mientras que el tercer orden formativo abarca el cuarto, sexto y séptimo órdenes de actividad.

Obviamente la formación de un ingeniero en cualquiera de los dos órdenes formativos no tiene porque llevar aparejada la formación que cubra todos los órdenes de actividad asociados al mismo, ni siquiera ello es posible o deseable en muchos casos.

En efecto, la formación del segundo orden puede concentrarse en el segundo orden de actividad (técnica de ejecución, incluyendo el rediseño de componentes y sistemas en cualquiera de las áreas excepto en la VI) o en el tercer orden de actividad (dirección de producción en industrias no demasiado complejas y que se mueven en campos de la tecnología estables).

Sin embargo no tendría sentido una formación específica centrada en el quinto orden de actividad (propuestas técnicas), aspecto este complementario de los órdenes anteriores y mas ligado a una experiencia profesional posterior a los estudios.

Estas posibilidades conducirían a diferentes perfiles formativos pero que comparten un rasgo común cual es el de formar profesionales que ejercen su actividad en una tecnología estática, conocida, por lo que pueden englobarse bajo la denominación común de “Ingeniería de Aplicación”.

La formación del tercer orden puede concentrarse en el cuarto orden de actividad (dirección integral de industrias complejas) o en el séptimo orden de actividad (investigación e innovación tecnológica).

Al igual que ocurre con el segundo orden formativo tampoco tendría sentido una formación específica centrada en el sexto orden de actividad (confección de proyectos industriales complejos), aspecto este complementario de los órdenes anteriores y mas ligado a una experiencia profesional posterior a los estudios.

Estas posibilidades conducirían a diferentes perfiles formativos pero que comparten un rasgo común cual es el de formar profesionales que ejercen su actividad en una tecnología dinámica, en cambio, por lo que pueden englobarse bajo la denominación común de “Ingeniería de Concepción”

## 5.4.- LOS PLANES DE ESTUDIOS DE GRADO PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

### Introducción:

Por todo lo que se ha expuesto anteriormente es evidente que el segundo y tercer órdenes formativos son de grado, de “primer ciclo”, con un mismo nivel “jerárquico” e imposibles de “mezclar” en una sola formación.

También se ha visto que existen múltiples perfiles formativos dentro de cada orden formativo que capacitan para el desempeño de uno o varios órdenes de actividad y que quedan englobados en dos grandes categorías: ingeniería de aplicación e ingeniería de concepción.

Teniendo todo ello en cuenta es obvio que pueden configurarse múltiples modelos de planes de estudio, aunque todos deberían responder a unas premisas comunes:

1º.- Estar adaptados a las realidades de la ingeniería en el sentido que su estructura no tiene porque ser idéntica a las de los planes existentes para estudios de corte científico o humanista.

2º.- Dada la localidad de la ingeniería, los planes de estudio deben contemplar las realidades de las zonas de implantación.

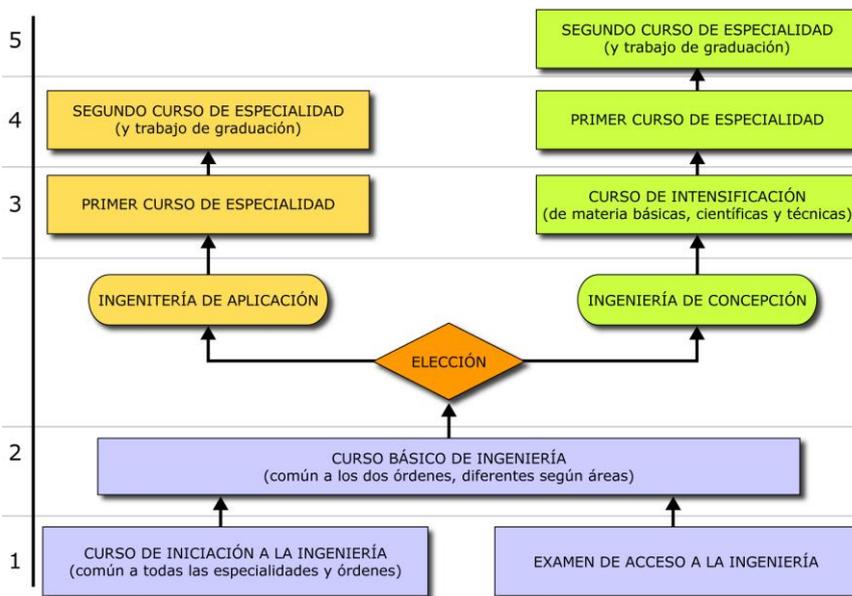
3º.- Han de ser flexibles, en la medida que puedan adaptarse a las múltiples opciones existentes, tanto en cuanto a órdenes formativos como a especialidades.

4º.- Han de estar optimizados, de manera que con unos mismos recursos se obtengan mayores resultados, tanto para los estudiantes como para el propio sistema educativo.

5º.- Han de contemplar la indefinición de los propios estudiantes que acceden a estos estudios, en cuanto al conocimiento de la complejidad y diversidad de los mismos, lo cual exige la existencia de cursos de adaptación.

### Estructura básica de los estudios ingeniería de grado:

En el esquema adjunto se muestra la estructura básica de los estudios reingeniería, en sus dos órdenes formativos. Como se verá no abarca todos los órdenes de actividad y en particular los relacionados con la proyectación.



En primer lugar, los alumnos pueden optar por realizar en las Escuelas de Ingeniería un Curso de Iniciación, o por un examen de acceso a la Ingeniería equivalente.

En este curso, aparte de un conjunto de materias científicas básicas y tecnológicas, también se impartirá una materia de introducción a la ingeniería, informática e idiomas.

En este curso será común para todos los órdenes y áreas de especialización.

A continuación los alumnos ingresan en el curso básico de ingeniería, y en una de las seis grandes áreas que lo componen.

Este curso se compondrá de materias científicas básicas (Matemáticas para Ingenieros, Física y Química para ingenieros, etc. y tecnológicas (materiales, técnicas de representación, etc.), y la diferenciación entre áreas se establece tanto a nivel de contenidos (no demasiado diferenciados) como mucho más a nivel de “enfoques en contextos diferenciados”.

Aprobado “íntegramente” este curso, los alumnos deberán elegir entre Ingeniería de Aplicación o Ingeniería de Concepción, cuestión esta para la que ya deben sentirse capacitados.

La elección debe ser libre (aunque podría condicionarse a calificaciones en ciertas materias) pero las posibilidades de cada alumno han de señalarse mediante un test y las propias calificaciones. (Ha de procurarse que la elección sea acertada, aún cuando sea libre).

Aquellos alumnos que hayan superado el curso básico de ingeniería, y opten por la Ingeniería de Aplicación, realizarán dos cursos de especialidad en cualquiera de las seis grandes áreas, y en las intensificaciones seleccionadas, con los contenidos y metodologías propios del segundo orden formativo.

Al término de estos dos años, el alumno debe efectuar un trabajo de graduación que valide su formación como Ingeniero de Aplicación.

Los alumnos que elijan Ingeniería de Concepción cursarán un año de intensificación en materias básicas, científicas y técnicas (relacionadas con las “Seis grandes áreas” previamente elegidas), con los contenidos y enfoques metodológicos propios del tercer orden formativo. Por tanto, este grupo sigue siendo ampliamente compartido por varias especialidades de la ingeniería.

Al finalizar este curso, los alumnos han de elegir una especialidad concreta dentro del área, y cursar dos años de especialización, dentro de la metodología propia del tercer orden formativo.

Al término de estos dos años, el alumno debe efectuar un trabajo de graduación que valide su formación como Ingeniero de Concepción. Tal trabajo debe contener un cierto nivel de innovación, por mínimo que sea.

Tanto en la Ingeniería de Concepción, como mucho más en la de Aplicación, los alumnos dispondrán de un conjunto de materias optativas que le permitan adquirir un perfil de especialización propio, relacionado con el entorno geográfico en el que se encuentre ubicado el centro o con un cierto grado de especialización y excelencia del mismo.

**NOTA:**

Una estructuración de los estudios de ingeniería próxima a la propuesta se encuentra implícita en algunos países, como es el caso de los Estados Unidos de América. En efecto, la flexibilidad curricular en este país permite cursar ciertas asignaturas de grado diferenciadas de las “normales” (por ejemplo, con mayores contenidos teóricos y conceptuales), así como alcanzar unos niveles de calificación mínimos en estas y otras materias, si se desea cursar con posterioridad una maestría o un doctorado, aún cuando la titulación alcanzada sea la de grado.

Sin embargo, y como puede apreciarse de un análisis comparativo mas detenido, esta solución y la propuesta que se realiza en este trabajo no son idénticas, con diferencias conceptuales, metodológicas y de resultados claramente diferenciados.



## **6.-TITULACIONES Y COMPETENCIAS PROFESIONALES DERIVADAS DE LA FORMACIÓN PARA EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA**

En la actualidad existe una gran confusión en la terminología empleada para definir a los titulados en las diferentes especialidades y “niveles” de la ingeniería. Así pueden verse nombres como “técnico”, “ingeniero”, “ingeniero técnico”, “ingeniero superior”, “ingeniero diplomado”, “Master en ingeniería”, etc. En algunos casos el título puede o no corresponder con una titulación universitaria, y en otros casos, incluso, suponer un ejercicio profesional no asociado a una formación académica.

Como puede verse, además de la tremenda confusión que todo esto encierra, aparecen también connotaciones muy negativas, de índole peyorativo en algunos casos (ingeniero “superior” sugiere que otros son “inferiores”), y otras redundantes (como la de “ingeniero técnico”), etc.

Sin embargo, la definición clara de los órdenes formativos lleva implícitas unas titulaciones conceptuales univocas y no jerarquizadas: “técnico especialista” para el primer orden formativo “Ingeniero de Aplicación” para el segundo orden formativo, e “Ingeniero de Concepción” para el tercer orden formativo.

A estas titulaciones conceptuales se añadirían las derivadas de la especialización y las de estudios de postgrado, obteniéndose así las diversas titulaciones de los ingenieros.

Los alumnos que cursen la Ingeniería de Aplicación obtendrán el título de Ingeniero de Aplicación (IA) en la especialidad elegida (por ejemplo, IA Mecánico; IA Aeronáutico; etc., y en su caso en la intensificación (mención) correspondiente (por ejemplo, IA Mecánico en Fabricación, IA Aeronáutico en Motores, etc.)

Sus capacitaciones abarcan el segundo orden de actividad de la ingeniería, pero no el tercero y quinto orden de actividad.

Los que cursen la especialidad transversal de Organización Industrial tendrán la denominación de I.A. Industrial y estarán capacitados para ejercer el tercero y quinto orden de actividad, es decir, sus competencias abarcan la dirección de procesos industriales conocidos y la realización de propuestas técnicas. Igualmente ocurrirá con los que cursen la especialidad de Ingeniería del Medioambiente.

En el caso de que los IA Especialistas cursaran el Curso Complementario relacionado con Organización Industrial estos alumnos estarían capacitados para ejercer los órdenes de actividad segundo, tercero y quinto alcanzando la titulación de I.A. Industrial X (por ejemplo: IA Industrial Mecánico; IA Industrial Naval; etc.)

Los alumnos que cursen la Ingeniería de Concepción obtendrán el título de Ingeniero de Concepción (IC) en la especialidad elegida (por ejemplo, IC Mecánico; IC Aeronáutico; etc.).

Sus capacitaciones abarcan el campo del Diseño y Concepción en la especialidad correspondiente (IC Aeronáutico: diseño y construcción en aeronaves; IC Mecánico: diseño y construcción de maquinaria, etc.)

En otras palabras, estarán capacitados para ejercer su actividad en el séptimo orden de la ingeniería, pero no en los demás.

Los alumnos que cursen la especialidad transversal de Ingeniero de Organización Industrial tendrán la titulación de IC Industrial y estarán capacitados para ejecutar el cuarto orden de actividad (dirección de empresas industriales complejas) y el sexto orden de actividad (la proyectación industrial).

En el caso de que los IC especialistas realizaran el Curso Complementario relacionado con la de Organización Industrial el titulado estaría capacitado para el cuarto, sexto y séptimo órdenes de actividad, siendo su titulación adicional la de Ingeniero X e Industrial. (Por ejemplo, IC Aeronáutico e Industrial; IC Mecánico e Industrial, etc.)

De lo anterior se desprende que las formaciones de Maestría (Máster) no pueden tener asignadas competencias profesionales en sentido estricto, al tratarse de una intensificación de cualquiera de las anteriores.

## 7.- RESUMEN FINAL

Como resumen final de todo lo expuesto en este documento BASES CONCEPTUALES SOBRE LAS QUE SUSTENTAR UNA NUEVA FORMACIÓN DE INGENIEROS cabe considerar:

1º.- De los pilares de la ingeniería, el factor humano se ha convertido en la piedra angular. Sobre él descansa la competitividad de los pueblos, su progreso tecnológico, económico y social y, en suma, un desarrollo sostenible para toda la humanidad.

En consecuencia, la formación de los ingenieros es una cuestión estratégica de primer orden, que debe quedar al margen de actuaciones “políticamente correctas”, igualitarismos trasnochados, intereses corporativos diversos u otras cuestiones por el estilo.

2º.- La formación para el ejercicio de la ingeniería es muy compleja, y claramente diferenciada de aquellas relativas a las ciencias y las humanidades.

En consecuencia, es ilógico y peligroso encasillarlas en la misma estructura, en cuanto a denominación de los titulados, número de años de estudio, número de ciclos, etc.

3º.- En particular, los dos órdenes formativos, y las consecuentes dos titulaciones diferentes y autónomas, dentro de cada especialidad, no pueden evitarse, si se desea que la formación de los ingenieros europeos sea aplicable y redunde en el progreso de la Unión.

4º.- Desde el punto de vista de la estructura de la formación de ingenieros, la propuesta presenta dos aspectos que interesa resaltar: el primero es la existencia de unos cursos comunes (para todos los órdenes) y la segunda el agrupamiento de los estudios en grandes áreas.

La existencia de dos cursos comunes permite que los estudiantes de nuevo ingreso tengan una base más sólida para elegir el área de la ingeniería que finalmente deseen cursar, así como decantarse por un orden u otro en función de sus preferencias y capacidades personales.

Por otro lado, la agrupación por áreas permite que los alumnos vayan decantándose gradualmente por la especialidad deseada, e incluso que puedan cambiarla fácilmente si es su deseo.

5º.- Las capacitaciones alcanzadas responden perfectamente a todas las exigencias del mundo laboral (a los diferentes órdenes de actividad) y a las aptitudes y a los deseos personales y ponen de manifiesto con total claridad que se trata de formaciones (y actividades profesionales) perfectamente diferenciadas y en absoluta jerarquizadas. La jerarquización es consecuencia de una situación laboral y no de las capacitaciones alcanzadas al término de unos estudios con objetivos plenamente diferenciados.

6º.- Es evidente que las formaciones correspondientes al segundo y tercer orden formativo son formaciones de “grado”, de “primer ciclo”, con un mismo nivel “jerárquico”, específicas de la formación para el ejercicio de la ingeniería e imposibles de “mezclar” en una sola formación.

(este concepto se resuelve en algunos países y universidades llamándolas, con no demasiada propiedad, formaciones de “ciclo corto” y “ciclo largo”)

La propuesta evita el error de trasladar la formación del tercer orden a un segundo ciclo, al tiempo que da plena identidad (y flexibilidad) a las formaciones de postgrado.

Los estudios de Master garantizan una mayor profesionalización de las formaciones alcanzadas y por tanto un mejor servicio a las empresas en todos los órdenes.

Finalmente la propuesta pone los estudios de doctorado al alcance de cualquiera que haya cursado estudios de ingeniería, tanto en el segundo como en el tercer orden (y en un plazo de tiempo similar)

7º.- Especialmente importante es la selección del profesorado que ha de cumplir una serie de requisitos específicos para cada orden formativo, entre los que cabe considerar la formación multidisciplinar y bidimensional, el necesario contacto con la realidad industrial y mecanismos de promoción diferenciados de sus homólogos de otras áreas científicas o humanistas.

La multidisciplinaridad y bidimensionalidad supone la formación ingenieril de los profesores, en la medida que estos no solo deben impartir conocimientos estandarizados (matemáticas, por ejemplo), sino mucho más motivar a los alumnos (matemáticas en un contexto ingenieril, por ejemplo)

En cuanto al necesario contacto con la realidad industrial la formación de ingenieros implica la obligación de que el profesorado propio participe, de alguna manera, de ciertas actividades empresariales en periodos definidos así como la asunción de que parte del profesorado provenga de la empresa,.

Finalmente, el profesorado de ingenierías requiera mecanismos de promoción diferenciados, de manera que los trabajos como ingenieros constituyan la base de la promoción y no solo los mecanismos idóneos para profesorado de corte científico o humanista.

(La incompatibilidad entre la obligatoriedad de publicaciones en revistas de alto impacto para la promoción académica y las realidades industriales y empresariales que obligan a restricciones en la comunicación de los resultados tecnológicos puede conducir a un profesorado con una formación como tales cada vez más alejado de las realidades industriales, y por tanto incapaces de transmitirlos a los alumnos, generando una formación crecientemente teórica, no ingenieril)

8º.- Otro aspecto importante a considerar se refiere a la necesaria diferenciación entre capacitación alcanzada al término de unos estudios y las “atribuciones legales” establecidas en el marco laboral. Esto tiene especial incidencia en lo que se refiere a las actividades del quinto y sexto órdenes, es decir, la realización de propuestas técnicas y de proyectos industriales, aspectos estos en que la capacitación tiene una gran componente de experiencia profesional.

En este contexto parece evidente que la “atribución” para el ejercicio de estos dos órdenes de actividad pueden venir de la mano del reconocimiento de un ejercicio profesional por parte de los Colegios y Asociaciones del ramo, y la Administración.

9º.- Los centros de formación de ingenieros, si se desea que cumplan sus funciones, y especialmente aquellas que impulsen el desarrollo tecnológico y la competitividad de

las empresas, de la región o del país deben tener un estatus diferenciado respecto de otros centros universitarios en cuanto a su estructura académica, dotaciones presupuestarias, contacto con la realidad industrial y empresarial, captación del profesorado y mecanismos de promoción de los mismos.



**SEGUNDA PARTE: LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA EN  
ESPAÑA DESDE EL MARCO DE LAS BASES  
CONCEPTUALES SOBRE LAS QUE SUSTENTAR UNA  
NUEVA FORMACIÓN DE INGENIEROS**



## **1.- EL PLAN BOLONIA Y SU APLICACIÓN A LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA UNIÓN EUROPEA**

### a) Generalidades sobre el Plan Bolonia

Las reformas de Bolonia tienen por objetivos mejorar la competitividad de la formación universitaria (superior) en Europa (no solo la de los ingenieros) y homogenizar los estudios universitarios en toda la Unión (creando el Espacio europeo de Educación Superior EEES).

Por razones en las que no es preciso profundizar aquí, el modelo seguido ha sido el existente en la enseñanza anglosajona (Reino Unido), y el Plan propone acciones “comunes” en aspectos tales como titulaciones, planes de estudio (contenidos, metodologías, etc.), duraciones, Intercambio de créditos, homologaciones, estudios de postgrado, etc.

En cuanto a titulaciones el Plan las agrupa en cinco ramas del conocimiento:

- Artes y Humanidades ( Filosofía, Geografía, Historia, Lenguas modernas y clásica, Lingüística, Literatura, Arte, etc.).
- Ciencias básicas ( Física, Matemáticas, Estadística, Química, Biología, Geología, etc.).
- Ciencias de la Salud ( Medicina en todas sus ramas, Farmacia, Veterinaria, Fisiología, Psicología, etc.).
- Ciencias Sociales y Jurídicas ( Antropología, Sociología, Ciencia Política, Comunicación, Derecho, Economía, Empresa, Educación, etc.).
- Ingeniería y Arquitectura (Ingeniería en todas sus ramas, Informática, Arquitectura, Diseño y Expresión Gráfica, etc.)

En cuanto al plan de estudios el Plan Bolonia, y en referencia a los estudios de ingeniería, propone una formación de “grado” de tres o cuatro años de duración (incluyendo el trabajo de fin de grado), que culmina con el título de “ingeniero” y que capacita al graduado para el pleno ejercicio de la profesión de ingeniero en el ámbito laboral europeo y en el marco de su especialidad.

Con posterioridad a los estudios de “ingeniero” la propuesta de Bolonia señala unos estudios de postgrado, con dos versiones (consecutivas o paralelas): Estudios de maestría (con un carácter de especialización de cara al mercado laboral) y estudios de doctorado (con un destino centrado en la investigación). En ambos casos la duración prevista oscila entre uno y dos años, con la confección de un trabajo de graduación en el caso de master y una tesis doctoral en el caso del doctorado.

El grado es una formación que combina enseñanzas básicas generalistas con otras encaminadas a formar para el ejercicio de una profesión. El plan de estudios comprende materias obligatorias y optativas y puede incluir menciones específicas.

El master tiene como finalidad la adquisición de una formación avanzada de carácter especializado o multidisciplinar, orientada a la especialización académica o profesional,

o a promover la iniciación a tareas de investigación. Se accede al mismo a través del título de grado.

El doctorado tiene como finalidad la formación avanzada en técnicas de investigación y puede incorporar cursos, seminarios, etc. orientados a la formación investigadora

El Plan Bolonia no supone ninguna imposición para los diferentes países de la Unión, ni en cuanto a la obligatoriedad de su implantación ni en cuanto a la estructuración de los estudios. Solo son recomendaciones generales que pueden ser tenidas en cuenta en mayor o menor grado.

Debido a ello la aplicación del Plan Bolonia no ha sido uniforme en todos los países de la Unión, especialmente en lo que a estudios de ingeniería concierne.

Mientras que en Francia las Grandes Escuelas no han modificado sus estructuras tradicionales, países como Alemania, Polonia, Austria, etc., están dando marcha atrás en los planteamientos radicales de Bolonia a la vista de los primeros resultados.

Esto no se debe a caprichos nacionalistas o de otra índole, sino a la realidad de que esta planificación de los estudios universitarios no se adapta en su plenitud a las exigencias particulares de los estudios de ingeniería, como pone de manifiesto un análisis más detallado a la luz de las BASES CONCEPTUALES SOBRE LAS QUE SUSTENTAR LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA.

NOTA:

Aunque el Plan Bolonia parece que copia la estructura anglosajona, ello no es exactamente así, puesto que las enseñanzas de ingeniería en los Estados Unidos de América no sigue la misma tónica en muchos de sus centros. En efecto, en ellos los alumnos que desean cursar un Máster se ven obligados a cursar un conjunto de materias diferenciadas durante el grado respecto de aquellos que no desean acceder a ella (e incluso, alcanzar unas calificaciones mínimas).

#### b) Análisis del Plan Bolonia a partir de las Bases Conceptuales sobre las que sustentar una nueva formación de ingenieros

Desde el punto de vista de la formación de ingenieros el Plan Bolonia presenta algunos aspectos positivos, y otros negativos, estos últimos derivados de la igualación de estos estudios con todos los demás, sin atender a las profundas diferencias entre estos y los científicos o humanistas.

Entre los múltiples aspectos negativos cabe destacar:

1º.- La no consideración de los diferentes órdenes de actividad en el ejercicio de la ingeniería.

Si el grado (ingeniero) capacita para la actividad profesional plena ¿Quiere decirse que están capacitados para ejercer el segundo, tercero, cuarto, quinto,

sexto y séptimo orden simultáneamente, aún cuando sea en una especialidad concreta?

¿Cómo cubrir con una misma formación de base los deseos y aptitudes de los alumnos que deseen actuar en una tecnología conocida de aquellos que deseen aportar su concurso a una tecnología cambiante?

2º.- La no consideración de los consecuentes dos órdenes formativos que concurren en estas formaciones.

El Plan Bolonia plantea una formación única de grado que conduce a la titulación de Ingeniero, con una duración de tres o cuatro años, incluyendo una estancia en empresa y el Proyecto de Graduación. Esta titulación capacita para el pleno ejercicio profesional, cualquiera que sea el orden de actividad en que se aplique.

Con posterioridad a los estudios de “ingeniero”, la propuesta de Bolonia señala unos estudios de postgrado, con dos versiones consecutivas o paralelas: Estudios de maestría (con un carácter de especialización de cara al mercado laboral) y estudios de doctorado (con un destino centrado en la investigación). En ambos casos la duración prevista oscila entre uno y dos años, con la confección de un trabajo de graduación.

Como se ve, esta propuesta plantea serios problemas, en cuanto a su pertinencia y eficacia.

En efecto, ¿sería el ingeniero de Bolonia el correspondiente al segundo orden formativo, con todo lo que ello implica de contenidos y metodologías particulares? Si así fuera ¿sería el master posterior el que asumiría la formación básica y conceptual típica del tercer orden formativo? En este supuesto, ¿Podría alcanzarse una formación conceptual mas profunda y generalista, acorde con el tercer orden formativo, mas la profundización en una tecnología específica propia de un master, en solo uno o dos años? ¿No supondría ese tránsito una “deformación educativa previa” en su conjunto?

Por el contrario, si se adopta una formación más generalista para el ingeniero de Bolonia ¿Cuál sería la formación conceptual de los mismos, que profundidad debería y podría alcanzar? ¿Qué aplicabilidad tendrían tal formación de cara al ejercicio profesional? ¿Llevaría a la práctica obligatoriedad de un master especializado de cara al ejercicio de una actividad profesional? Si fuera sí, ¿no se habría perdido un tiempo considerable?

3º.- La continuidad de la prelación profesional de unos graduados frente a otros

Si el título de grado capacita para el pleno ejercicio de la ingeniería ¿para que capacita el máster?

Si el máster es una “culminación” del grado, ¿no se está introduciendo una “escala de valores” dentro de la ingeniería? ¿será el máster un título “superior” al de graduado? ¿Será considerado un graduado el que no ha podido llegar a máster?

Todos estos interrogantes, y muchos mas, no puede resolverlos una configuración de los estudios de ingeniería que se quiere homogenizar con los de ciencias, humanidades y sociales, que como se ha visto presentan unas características claramente diferenciadas.

Como consecuencia de todo ello es obvio que no se ha conseguido un Espacio Europeo de la Educación Superior en los estudios de ingeniería (ni siquiera en el interior de muchos de sus Estados)

## 2.- HISTORIA DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN ESPAÑA

No se trata en este punto de realizar un análisis exhaustivo de los estudios de ingeniería en España, sino solo resaltar en ellos los pasos mas importantes que se han ido sucediendo y que culminan en la situación actual.

Tampoco se analiza la historia de las diferentes ingenierías, sino solo de la ingeniería industrial, por ser la mas representativa del conjunto de todas ellas y la mas compleja en cuanto a su estructura e implicaciones formativas y profesionales.

Los primeros antecedentes de la formación de ingenieros en España se encuentra en los estudios de mecánica como respuesta a la introducción en el país de la máquina de vapor y las industrias asociadas a la misma, con la finalidad de poder incorporar tales tecnologías y liberarse así de la dependencia externa.

En el año 1824 se crea en Madrid el Real Conservatorio de las Artes, impartándose las enseñanzas de Mecánica, Química y Delineación, sin ninguna relación con las universidades existentes.

El siguiente paso reseñable se dio con la creación del Real Instituto Industrial, en 1850, que estableció centros en Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Gijón y Vergara, denominadas “Escuelas industriales”, con enseñanzas organizadas en tres niveles, elemental, aplicación y superior, y en los que los alumnos podrían pasar de uno a otro.

Los estudiantes que cursaban el “grado de aplicación” obtenían el título de “Ingeniero de Segunda Clase”, mientras que los que cursaban el grado superior se les otorgaba el título de “Ingeniero de primera clase” apareciendo por vez primera el título de “ingeniero” en España.

Siguiendo los pasos de los Politécnicos franceses, estos estudios no se incluían en el seno de las universidades.

Estas enseñanzas se reorganizaron en 1857 pasando a denominarse “peritos” a los ingenieros de segunda clase e “ingenieros” a los de primera clase. Se consolidan las especialidades de mecánica y química, fundamentadas en las disciplinas de mecánica, química, construcción, aritmética, física y geometría.

En 1897 se crea en Bilbao la escuela Superior de Ingenieros Industriales y en 1901 su homónima en Madrid, con las especialidades de Mecánica y Química. Todos estos centros dependían del Ministerio de Trabajo, Industria y Comercio

En 1907 se añade a las especialidades de Mecánica y Química la especialidad de Electricidad, ampliándose el número de años de la titulación de cinco a seis años.

En el año 1924 se produce una nueva modificación, con la promulgación del “Estatuto de las Enseñanzas Industriales” para toda España, las cuales quedan estructuradas en tres niveles: “Enseñanzas Obreras”, impartidas en las “Escuelas de Trabajo” y con la

titulación de “Obrero”; “Enseñanzas profesionales”, impartidas en las “Escuelas Industriales”, que permitían alcanzar el título de “perito”; “Enseñanzas Facultativas”, impartidas en las “Escuelas de Ingenieros”, que permitían acceder al título de “Ingeniero”

En 1957 se aprueba la Ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas, pasando todos los centros de formación de técnicos a incluirse en el Ministerio de Educación Nacional, pasando estos estudios a formar parte de los estudios universitarios. Se mantiene los títulos de “Ingeniero” y “Perito” y desaparece el de “Obrero”

El examen de ingreso a la ingeniería se sustituye por dos cursos introductorios, de carácter selectivo, que se imparten dentro de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros (Selectivo e Iniciación) mas cinco años de especialidad y un proyecto final de carrera. En las “Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales” se ofrecen las especialidades de Mecánica, Acústica y Óptica, Electricidad, Técnicas Energéticas, Química, Metalúrgica y Textil.

Las enseñanzas de “perito” se estructuran en cuatro años, mas el proyecto de fin de carrera, con las especialidades de Mecánica, Electricidad y Química.

En 1964 se introduce una nueva reforma de estas enseñanzas, con la Ley de Reordenación de las Enseñanzas Técnicas, fruto de la necesidad de disponer de mas ingenieros en España como consecuencia del Plan de Estabilización y la apertura de España al exterior.

Los estudios de “Ingeniero” pasaron a tener una duración de cinco años de duración incluyéndose en la Ingeniería Industrial las especialidades de Mecánica, Electricidad, Técnicas Energéticas, Química, Metalúrgica y Organización Industrial.

Los estudios de Perito pasan a tener tres años de duración y se alcanza en ello una nueva titulación, cual es la de “Ingeniero Técnico en una especialidad”. Las Escuelas de Peritos pasan a denominarse “Escuelas Técnicas de Grado Medio”

En el año 1970 se promulga la Ley General de Educación, que suponen nuevos cambios en las formaciones técnicas.

En esta ley se reestructura la universidad por “departamentos” e “Institutos Universitarios”, rompiéndose el monolitismo de los centros, que pasan a tener una función prioritaria de administración y gestión de la docencia, mientras que a los departamentos se le asignan la misión de impartir la docencia y realizar la investigación.

Los estudios en las escuelas Técnicas Superiores pasan de nuevo a una duración de seis años incluyendo el proyecto de fin de carrera.

Las Escuelas Técnicas de Grado Medio pasan a denominarse “Escuelas Universitarias” pero quedan excluidas de los departamentos e institutos universitarios

En 1975 se modifica de nuevo el plan de estudios de los ingenieros superiores, pasando de cinco a seis años y se extienden las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros (especialmente las industriales) por todo el país, muchas de ellas a partir de las Escuelas Universitarias existentes.

Las Universidades pasan a tener un gran protagonismo en la definición de los planes de estudio, a partir de unas normas básicas para su configuración (duración de los estudios, materias troncales, etc.)

En el año 1983 tiene lugar una nueva reforma de las enseñanzas universitarias mediante la cual las Escuelas Universitarias se integran plenamente en los departamentos universitarios, reconociéndoseles su capacidad investigadora. También se introduce el concepto de “área de conocimiento” que sustituye a los anteriormente denominados “grupos de cátedra”

En el año 2000 tiene lugar otro cambio en los planes de estudio, introduciéndose de nuevo los cinco años de formación en las Escuelas Superiores y el concepto de crédito. Se potencia la figura de los departamentos interfacultativos y se modifica también el acceso a la función docente.

En el año 2005 se adopta en los centros de formación de ingenieros de España el denominado Plan Bolonia, que introduce nuevos y radicales cambios.

Desaparecen las denominaciones tradicionales de Ingeniero Técnico y Ingeniero Superior, que se transforman en “Graduado en Ingeniería” y “Master en Ingeniería” (en diferentes especialidades), manteniéndose el título de Doctor en Ingeniería (siguiendo la nomenclatura anglosajona)

También se adopta una estructura de los estudios cíclica, comenzando por un Grado de cuatro años (incluyendo el trabajo de fin de grado), seguida de un Master de uno o dos años, (que también incluye un trabajo de fin de master) y finalizando con un Doctorado de al menos dos años (que culmina con una tesis doctoral).

Este Plan deja ciertas libertades a los Centros para planificar los contenidos de los planes de estudio (incluyendo “menciones” de grado), las denominaciones de los mismos, etc. También señala las líneas generales para pasar de la situación anterior a la nueva en lo que respecta a convalidaciones de títulos académicos y a títulos profesionales.

En resumen, una imposición de cambios por la vía de un torrente de leyes, decretos y órdenes ministeriales, casi siempre coyunturales y muchas veces por presiones espurias, sin unos objetivos claros de mejora de la formación de los ingenieros en España.

#### NOTA:

De alguna manera toda esta evolución traduce un concepto de país y de una economía basada en cierta manera en la presencia de un sector industrial mas o menos competitivo, a otro concepto de país y economía centrada en los servicios turísticos, la construcción, las infraestructuras y sus derivados.

(La llamada reconversión industrial de los años 1980, que mas bien habría que considerarla una simple desindustrialización, solo permitió la supervivencia de algunas pocas industrias competitivas, al tiempo que la inclusión de España en la Unión Europea se tradujo en la implantación de industrias foráneas, como la automotriz, por motivos de bajos costes de la mano de obra y la necesidad de abastecer un mercado en crecimiento)

Esta situación ha supuesto no solo una pérdida de peso de la ingeniería como actividad económica sino una “interpretación” de esta como ingeniería de “proyección de instalaciones” o de fabricación de productos industriales bajo licencias exteriores, o ingeniería de mantenimiento.

Y en línea con lo señalado en el párrafo anterior un enfoque de la formación de los ingenieros muy alejado de constituirse en un soporte decisivo y primordial para el necesario cambio de modelo de desarrollo del país basado en la innovación y la competitividad.

### **3.- ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA EN ESPAÑA EN LA ANTESALA DE LA PUESTA EN MARCHA DE LA DECLARACIÓN DE BOLONIA**

Como se ha visto en la descripción somera de los estudios de ingeniería, estos han sufrido importantes modificaciones a lo largo de los más de 150 años de existencia en España, que como no puede ser menos han supuesto importantes repercusiones en la formación de los propios ingenieros y, como no, también en la evolución tecnológica, económica y social del propio País.

En todo ese periodo son varios los cambios sustanciales a resaltar:

En primer lugar el cambio de “dependencia ministerial”

Los estudios de ingeniería pasaron de depender del Ministerio que se suponía “necesitaba” de estos profesionales (Ministerio de Trabajo, Industria y Comercio en el caso de los ingenieros industriales en sus diferentes niveles) al Ministerio de Educación Nacional, que se suponía brindaba este tipo de profesionales al anterior.

En segundo lugar, los continuos reajustes en las denominaciones de los diferentes niveles.

Por un lado el paso de Ingeniero de Segunda Clase al de Perito en una especialidad concreta, y de este a Ingeniero Técnico también en una especialidad y finalmente al de Graduado también en una especialidad. Por otro lado los cambios de Ingeniero de Primera Clase a Ingeniero, de este a Ingeniero Superior y finalmente al de Master en Ingeniería. Tales cambios fueron acompañados de cambios de denominación de los centros de formación, que pasaron de llamarse “Escuelas de Peritos” a “Escuelas Técnicas de Grado Medio” y posteriormente “Escuelas de Ingeniería Técnica”, o de Escuelas de Ingenieros a Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros.

En tercer lugar los también continuos reajustes en la duración de los estudios.

En las escuelas de Ingeniería Técnica, los estudios oscilaron entre los cinco años del Perito, los cuatro del Ingeniero Técnico (en algunas universidades) y los tres de estos al final de periodo anterior al Plan Bolonia.

En cuanto a los denominados Ingenieros Superiores estos pasaron de siete años a cinco, luego a seis y de nuevo a cinco (muchas veces impulsados por circunstancias ajenas a la mejora de la formación de tales profesionales)

En cuarto lugar la creación de los departamentos e institutos de investigación como órganos encargados de efectuar la docencia y la investigación, que rompió la estructura tradicional de los centros.

Estos departamentos especializados e interfacultativos agrupan profesores de las mismas áreas de conocimiento pertenecientes a centros completamente diferentes, lo que supuso la introducción en las Escuelas técnicas, especialmente en las superiores, de profesorado de diversa procedencia, con una formación muy especializada y no vinculados a la profesión de ingeniero.

En quinto lugar la reorganización de los “cuerpos de conocimientos” sobre los que se estructuraban los “Planes de Estudio”

Se pasó de los “grupos de cátedra” o grupo de materias íntimamente unidas y que de alguna manera respondían a un “cuerpo de conocimientos” adaptados a las peculiaridades de la ingeniería (por su multidisciplinaridad y su bidimensioanlidad), con contenidos y métodos perfectamente definidos , a las “áreas de conocimiento”, mucho mas amplias, no específicas de la ingeniería y por tanto con contenidos y métodos completamente indefinidos.

En sexto lugar los también importantes cambios en el estatus, en la selección y en la promoción del profesorado de estos centros.

- En cuanto al estatus del profesorado (o del profesor / investigador) de los cuerpos iniciales de Catedrático de Escuelas Técnicas Superiores (a los que se exigía un amplio dominio de un conjunto de materias ligadas entre si en el marco de la necesaria formación multidisciplinar de los ingenieros, contactos con la realidad industrial y una labor investigadora asociada con ella, y de los que se esperaba “sentaran cátedra” en su disciplina con alguna aportación personal que pudiera “crear escuela”) se pasó a la figura del Catedrático de Universidad, con una formación fuertemente especializada, con una valoración exclusiva de la investigación (aunque esta estuviera totalmente al margen de la labor docente e incluso de la realidad industrial) y minusvalorando cualquier relación con la realidad industrial, la innovación, las patentes, etc.

Por otra parte, el segundo escalón de la docencia y la investigación, que constituía el Adjunto a Cátedra, que seguía las pautas marcadas en la cátedra (y con una trayectoria profesional similar a la de la catedrático puesto que constituía su antesala), se pasó al Titular de Universidad, con el mismo perfil que el de Catedrático de Universidad (plena capacidad docente e investigadora) y cuya única diferencia en la práctica es la de no poder acceder al cargo de Rector y tener un sueldo un poco mas bajo.

La misma figura que el catedrático de universidad la cumplían los Catedráticos de Escuelas Universitarias, para los que no era exigible el título de doctor, y que pasaron a equipararse a Titulares de Universidad una vez realizada la tesis doctoral. En la últimas etapas de cambios aparece la figura del Titular de Escuela Universitaria, al que podían acceder Ingenieros Técnicos (y también ingenieros superiores), que no precisaba ser doctor y por tanto no podía protagonizar la investigación. Cuando el título de doctor es exigido para todos los profesores de la universidad, este cuerpo docente desaparece y queda asimilado al de Titular de Universidad.

Otra figura que también surge en las etapas intermedias de estos cambios es la del profesor Asociado, entendido como un experto de la industria que la universidad contrata para que traslade sus saberes a los centros de formación de ingenieros. Pero pronto esta figura es distorsionada por la de un simple profesor para rellenar huecos en la docencia, sin ningún contacto con la industria y sin ninguna prueba que valide sus conocimientos y aptitudes.

- En lo que concierne al proceso de selección se pasó de las durísimas “oposiciones” para el acceso a cátedra, con tribunales elegidos por sorteo, casi siempre con varios candidatos al puesto, de variadas procedencias (no solo de cualquier centro nacional, sino también de instituciones no universitarias), sometidos a un amplio número de pruebas centradas en la docencia en un “grupo de cátedra sobre las que el candidato podía realizar propuestas de cambio”, la investigación y el desempeño profesional (que difícilmente podían superarlas quién no se encontrara bien preparado), a unos “concursos” con tribunales en los que el departamento que propone la plaza selecciona buena parte del tribunal, muchas veces con un solo candidato que es el que trabaja en tal departamento y con unas pruebas centradas exclusivamente en la labor investigadora (puesto que la labor docente ya venía avalada por ser el candidato necesariamente un Titular de Universidad).

Algo parecido ocurrió con el paso de Adjuntos a Cátedra al de Titular de Universidad.

Los primeros se encargaban de la docencia de acuerdo a los criterios de la cátedra y la prueba principal para su selección consistía en la exposición de un tema seleccionado al azar de entre los que componían lo que entonces se denominaba “grupo de cátedra” lo que garantizaba en gran medida el dominio de la materia por el candidato seleccionado.

Los Titulares de Universidad, al tener plena capacidad docente e investigadora, además de quedar en muchos casos las valoraciones de la docencia relegada frente a la de investigación y al no tener que atenerse los contenidos y métodos de la materia a la que optan a un “cuerpo de conocimientos” establecido sino a una “área de conocimientos”, permitió una mayor parcelación y especialización de las mismas, perdiéndose con ello buena parte de la multidisciplinariedad de la ingeniería.

Por otra parte la prueba principal para acceder a estos puestos consistía en la exposición de un tema de la materia propuesta por el candidato, elegido por este previamente, lo cual obviamente no garantiza el dominio de la materia en su conjunto (mas allá de la profesionalidad del candidato), mientras que las preguntas posteriores a la exposición del tema por parte de los miembros del tribunal introducía una cierta clara subjetividad en la decisión final.

- En lo que concierne al proceso de promoción del profesorado, inicialmente el acceso a Adjunto de Universidad, e incluso al de Catedrático de Universidad, se realizaba a través de la presentación y superación de las pruebas correspondientes, sin mas requisito que ser titulado superior, y en el caso de las ingenierías, con preferencia clara de ingenieros.

De esta situación inicial se pasa a una trayectoria profesional que en los centros superiores comienza en la figura del “Ayudante de clases prácticas” y “becario de investigación” (que mas tarde se convierten en “profesor ayudante”), continúa con la de Titular de Universidad y culmina con la de Catedrático de Universidad. Una trayectoria parecida ocurre con los centros de ingeniería técnica, hasta la reciente eliminación de estos cuerpos.

El paso de una situación a otra se basa en la evaluación de la actividad investigadora, a partir de los sexenios de investigación alcanzados, careciendo de relevancia la evaluación de la actividad docente y de otras típicas de la ingeniería (patentes, proyectos con alta componente de innovación, transferencia de resultados de I+D a la empresa, etc.).

Desde el punto de vista económico la promoción dentro de cada categoría va asociada al pago de una pequeña cantidad por los sexenios y a los beneficios que puedan derivarse de los proyectos con empresas y entidades ajenas a la universidad (artículo 11 de la LRU)

En séptimo lugar también son de destacar los cambios en el estatus del alumnado, tanto en la fase de ingreso como en la de realización de los estudios posterior.

En un principio el acceso a los estudios de ingeniería Superior se basaban en un examen de ingreso de extrema exigencia, más tarde sustituidos por uno o dos cursos selectivos, que habían de ser superados en su totalidad para pasar a los siguientes cursos de especialidad. Además, dentro de estos cursos de especialidad las diferentes asignaturas estaban sometidas a controles de paso mediante una serie de "llaves" que habían de superarse antes de poder matricularse en las siguientes.

En el último periodo, antes de la introducción del Plan Bolonia, los cursos selectivos desaparecieron (sustituidos por las "notas de corte" en el examen de selectividad) y las asignaturas llave, si bien se mantuvieron en algunos centros, las reglamentaciones particulares permitieron soslayarlas en la mayoría de los casos.

Todos estos cambios han traído múltiples consecuencias que de forma más o menos clara reflejan la situación anterior a la implantación del Plan Bolonia:

1ª.- La proliferación de Escuelas de Ingeniería, especialmente "Superiores", a partir de las correspondientes Escuelas Universitarias o Facultades de Física y Química.

Estos nuevos centros no respondían por lo general a demandas de titulados en el mercado de trabajo, ni siquiera a planes de impulso de la industrialización del país o de la mejora de su competitividad por la vía de una mejor y más amplia formación de ingenieros, sino a mejoras de imagen académica de ciertas autonomías, mejoras de imagen de ciertas universidades, presiones corporativas, recolocación de profesores y aumentos de plantillas, etc.

2ª.- La "aproximación teórica", "formal", una "igualación por elevación" (que no real), entre la Ingeniería Técnica y la Ingeniería Superior.

Esta situación se deriva de la exigencia del título de Ingeniero Superior o Licenciado para impartir docencia en las Escuelas Universitarias, las libertades para que cada centro marque sus propias regulaciones en cuanto a planes de estudio, contenidos y métodos y las presiones externas de todo tipo (incluyendo presiones corporativas para que ello fuera así).

El resultado ha sido unas Ingenierías diferenciadas en cuanto al número de años y niveles de exigencias a los alumnos, pero cada vez mas incapaces de cumplir los cometidos para los que fueron concebidas.

En última instancia, una pérdida progresiva de los conceptos implícitos en las titulaciones de Ingeniería Técnica e Ingeniería Superior en la mayor parte de los centros nacionales (salvando los casos muy concretos de las grandes Escuelas tradicionales inmersas en Universidades Politécnicas)

3ª.- La formación de Ingenieros Superiores (y también de Ingenieros Técnicos) con un perfil cada vez mas teórico y mas alejado de la realidad industrial (mas de licenciado que de ingeniero)

La presencia creciente de contenidos especializados y teóricos, en franco contraste con la multidisciplinaridad y la bidimensionalidad que exige la ingeniería, tiene varios orígenes, pudiendo destacarse la exigencia de profesores doctores para impartir docencia en los centros superiores (y últimamente también en las Escuelas Universitarias), la escases de doctores ingenieros, las presiones de doctores de otras titulaciones para entrar como docentes en estos centros y la potestad de los departamentos para asignar profesores a los mismos, la mayoría de las Escuelas Superiores de Ingenieros (excepto, en parte, en los centros que conforman las universidades Politécnicas).

En particular, la poca o nula consideración del trabajo investigador de los ingenieros como tales (proyectos con alto componente innovador, patentes, etc.) ha conducido a que la faceta investigadora de estos titulados, para progresar en el mundo académico, se haya ido centrando cada vez mas en trabajos teóricos susceptibles de ser publicados en revistas de alto impacto, muchas veces completamente alejados de las materias que imparten en su docencia, y con poca o muy poca conexión con el mundo real de la ingeniería.

La exigencia exclusiva de estas publicaciones para acumular sexenios de investigación (que en muchas universidades, además de un complemento económico, supone al acceso a parcelas de la docencia vedadas a los que los tienen) han convertido estos trabajos en una necesidad perentoria y personal, independiente de la utilidad científica o tecnológica de los mismos, utilizando muchas veces mecanismos de dudosa seriedad (investigadores con múltiples publicaciones cada año, artículos firmados por varios autores donde se desconoce el rol de cada uno, revistas “especializadas” en crear curricula, etc.) La consecuencia de todo ello, además del creciente descrédito de este sistema de promoción académica (en muchos centros tecnológicos de los países mas desarrollados sustituido por la promoción basada en patentes, proyectos innovadores, creación de riqueza para las universidades por estas vías, creación de spin off, etc.), es el grave perjuicio causado a la docencia que al carecer de mecanismos para su valoración y mejora se convierte en una actividad marginal y para muchos engorrosa.

4ª.- Un progresivo alejamiento de la formación de ingenieros de la realidad industrial

La práctica prohibición de la participación de los profesores de ingeniería, como tales, en cualquier tipo de contacto con las empresas, circunscritos estos a labores de I+D de escasa relevancia en el curriculum académico (profesor a tiempo completo, y solo dedicado a labores internas de la Universidad) ha conducido a un divorcio total entre los profesores de los centros de formación de ingenieros y la realidad empresarial e industrial, a una endogamia que no solo ha reforzado de una ingeniería cada vez mas teórica, sino en último extremo a la idea que las responsabilidades del profesorado terminan en las puertas de la Universidad.

5ª.- Un elevado fracaso escolar y una progresiva merma de las exigencias académicas a los egresados.

Algunas universidades para cubrir la escasa demanda de alumnos de nuevo ingreso (y mantener los presupuestos y las plantillas de profesores) optaron por rebajar las exigencias de entrada (“nota de corte”), hasta el punto de que a los estudios de ingeniería accedían gran número de alumnos sin aptitudes ni motivaciones para cursarlos. El aumento del fracaso escolar en algunas materias, especialmente en los Centros Superiores, y la “necesidad” de mantener un número mínimo de aprobados en cada curso, llevó a una disminución de las “exigencias” en los contenidos y en los niveles de conocimientos, así como a la no exigencia de cumplir con las “llaves” (alumnos de últimos cursos con materias pendientes de aprobar del primero). Si a todo esto se añade el creciente número de profesores ajenos a la ingeniería (e incapaces por tanto de motivar a estos estudiantes), el cansancio y la deserción de los mas capacitados, el escaso peso de la docencia en la carrera profesional, etc., el resultado final es el de unos titulados con una formación crecientemente deficiente en relación con lo que debía esperarse de estos egresados.

6ª.- Una cierta “distorsión” del perfil de los egresados originada por la “presión” del “mundo profesional sobre el “mundo académico”.

La pugna tradicional entre Escuelas Universitarias y Escuelas Superiores, entre Ingenieros Técnicos e Ingenieros Superiores, si bien suavizada en el seno de la Universidad por la creciente pérdida de identidad de ambas formaciones, no ha disminuido en el mundo “exterior” debido a las pugnas por el control del “mercado de los proyectos” (de instalaciones), los accesos a los mas altos niveles de la Administración (escalas administrativas), e incluso por lo inadecuado del término “ingeniero superior” que supone que el otro es “inferior”. De esta forma, los conflictos y las presiones de los Colegios Profesionales han ejercido una excesiva presión sobre el sistema educativo, perturbándolo de alguna manera y no siempre de acuerdo a las exigencias de una ingeniería al servicio de los intereses generales del país.

7ª.- Una progresiva merma de la necesaria aportación de los centros de formación de ingenieros al desarrollo tecnológico y a la mejora de la competitividad de España

Desde el punto de vista de la relación entre la Universidad y el mundo empresarial hay que resaltar la poca aportación que los centros de formación de ingenieros, y de los departamentos e Institutos de Investigación universitarios donde se inscriben sus docentes e investigadores, han supuesto de cara a la mejora de la innovación y la competitividad de las empresas españolas, lo que no es más que el reflejo de la práctica desconexión entre ambos y de la cual la universidad es la más culpable (muy pocos profesores e investigadores están dispuestos a dejar por un tiempo las cómodas tareas de docencia e investigación a la que imponen sus ritmos, y en las que las responsabilidades son escasas, para acometer trabajos con y para empresas donde los tiempos están tasados y las responsabilidades quedan de manifiesto y son ineludibles).

En resumen puede concluirse que la situación de la formación de ingenieros y la investigación tecnológica en España, con anterioridad a la asunción del Plan Bolonia, se encontraban en un estado lamentable e insostenible, que necesariamente había que modificar, obviamente en la dirección correcta, entendida como tal aquella que permita formar los profesionales de la ingeniería que los nuevos tiempos están demandando, tanto al servicio de las empresas (y de la administración) actuales, como mucho más para la generación de las nuevas empresas que aseguren la competitividad de España en un mundo globalizado.



#### 4.- SITUACIÓN DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN ESPAÑA A RAÍZ DE LA PUESTA EN MARCHA DEL PLAN BOLONIA

##### a) Introducción:

El último cambio en la formación de ingenieros en España es la adaptación al marco de la Declaración de Bolonia de todas sus estructuras.

Como ha ocurrido en otros países de la Unión Europea, en España la aplicación del Plan Bolonia también ha seguido un planteamiento irregular, habiendo universidades como la del país Vasco, Cataluña, Madrid y Sevilla que han mantenido la estructura tradicional de unos estudios superiores directamente encaminados al máster con una titulación intermedia sin competencias profesionales, hasta otras que han llevado a cabo profundas transformaciones en línea con los planteamientos más “rupturistas” que podrían derivarse de la interpretación más radical de las propuestas de Bolonia, todo ello en el marco de las amplias libertades concedidas a las diferentes universidades para la configuración de los planes de estudio y selección de especialidades o titulaciones.

En todo caso, al margen de los intereses “políticos” por introducir una estructura de estudios más o menos “europea”, así como del reconocimiento de la situación insostenible de los estudios de ingeniería en España, las cuestiones que debe plantearse para introducir el cambio son las siguientes: ¿han sido concebidos todos estos cambios para mejorar la formación de los ingenieros que España va a necesitar para enfrentar los importantes retos de su desarrollo en los próximos años? En especial ¿están todos estos cambios encaminados a lograr una mayor competitividad de España por la vía de la investigación aplicada y la innovación tecnológica, y no por la de bajos salarios y una economía basada exclusivamente en el sector primario y en el de servicios?

Y si no fuera así, ¿Qué camino debería reemprenderse?

##### b) Opción elegida.

Esquemáticamente, la formación de ingenieros en España se ha configurado en tres niveles o ciclos:

Estudios de grado de cuatro años de duración, incluyendo el proyecto de fin de carrera y una estancia en la industria de **cuatro** meses, cuya superación permite alcanzar el título de ingeniero en las diferentes especialidades y plenas competencias profesionales en la rama elegida.

Unos estudios de máster, de uno o dos años de duración, que conduce al título de máster en una temática que cada universidad puede elegir, y que no define competencias profesionales específicas (especialmente de cara al ejercicio profesional, puesto que el título de grado las comprende todas)

Unos estudios de doctorado, para cuyo acceso es obligatorio tener el título de máster, y que culmina con el título de doctor.

Como se ve, una enseñanza cíclica y lineal, con una duración total que oscila, según cada universidad, entre los seis y los ocho años.

c) Aspectos generales de la transición de la situación anterior a la nueva:

El paso de la situación anterior a la nueva ha estado muy condicionado por la situación de partida de las enseñanzas de ingeniería en España, reflejándose en el las tensiones que ya existían (dentro del mundo académico: Escuelas Superiores Vs. Escuelas Universitarias) y dentro del mundo profesional (colegios de peritos vs colegios de ingenieros).

También es un claro reflejo de la enorme brecha entre la universidad y el mundo de la industria, además de la indigencia del sector tecnológico en España en cuanto a I+D+I.

En todo caso las mayores dificultades de “adaptación” se han dado con los antiguos estudios de Ingeniería Industrial e Ingeniería Técnica, cuyo “encaje” ha dado lugar a las mayores “innovaciones” en denominaciones, planes de estudio, etc.

Como aspectos mas generales y “peculiares” de esta transición pueden señalarse:

1º.- El excesivo rigor formal y la tremenda burocratización de la nueva planificación. En los documentos para ajustar los Planes de estudio al marco del Plan Bolonia, además de las múltiples páginas dedicadas a mencionar las leyes y decretos que los regulan, el nivel de detalle y formalismo es tal que da la impresión de que este formulismo es lo importante, que con este rigor formal se van a conseguir los resultados operativos, mas allá de las realidades imperantes. (Es mas, muchos profesores y responsables de todos estos documentos saben, sin lugar a dudas, que son inaplicables)

2º.- La endogamia en la definición de titulaciones académicas y en la confección de los planes de estudio.

El paso de la situación anterior a la actual reflejan en muchos casos mas las situaciones personales y los intereses del profesorado y las cúpulas de poder dentro de las universidades que las necesidades reales de la industria y del modelo de desarrollo de la sociedad a la que tales estudios han de servir (Aún cuando todo ello se presente en un marco justificativo formal aparentemente impecable).

3º.- La mezcla no muy acertada entre competencias académicas y atribuciones profesionales, entre la academia y el mundo profesional, que si bien es lógica e inevitable en este tipo de profesiones no parece que se haya resuelto en sentido favorable a la formación de los ingenieros y a la importancia de esta profesión en un cambio en el modelo de desarrollo nacional basado en un nuevo impulso a la industria y a la competitividad. (Muchos planes de estudio adaptados a Bolonia reflejan con meridiana claridad el peso profesional y político de diferentes colegios profesionales,

con el agravante que estas entidades solo representan una parte muy concreta de la actividad ingenieril)

4º.- Los múltiples subterfugios para “acomodar” la situaciones anteriores a la nueva (mantener del enfoques y privilegios, que precisamente este nuevo Plan debería eliminar), o simplemente para salvar lo que es de sentido común (por ejemplo, para mantener una amplia formación conceptual inherente a los primeros años de la ingeniería industrial se establece un grado en tecnologías industriales previo al máster, pero que carece de competencias profesionales, lo cual choca con otros títulos similares que si las tienen)

En resumen, una clara incapacidad para romper el estatus quo, en especial en la rama industrial

d) Análisis crítico de la situación actual:

A partir de lo expuesto en los puntos anteriores de este documento, la aplicación del Plan Bolonia en la formación de ingenieros en España presenta mas aspectos negativos que positivos, no suponiendo ningún avance significativo respecto de la situación anterior. Entre estos puede destacarse:

1º.- La no consideración de los dos órdenes formativos en los estudios de grado conduce a una mezcla de ambos, reflejada en unos contenidos y metodologías uniformizados que generan frustración en los alumnos no interesados en las profundizaciones teóricas, incapaces de abordarlas e incluso de verles su utilidad, y también frustración a aquellos otros que si desean profundizar en los aspectos mas teóricos y conceptuales de las diferentes materias.

2º.- La no consideración de los órdenes de actividad ha conducido a unos planes de estudio de grado con una gran cantidad de materias muchas veces inconexas, con los cuales se pretende cubrir varios órdenes de actividad simultáneos, pero que en el marco de una temporalidad reducida obliga a una “adaptación” de los mismos a tales condiciones, de manera que difícilmente pueden cubrirse los objetivos inherentes a cada orden.

(En la práctica una elevada exigencia conduce a un elevado fracaso escolar, mientras que una baja exigencia (solución a la que se recurre en muchos casos, y por múltiples razones, entre otras demostrar que se es un buen profesor) produce, en último término, un fracaso profesional.

(En el ANEXO 1 se presentan los conocimientos y competencias del Ingeniero Mecánico en una universidad española, que pone de manifiesto las contradicciones anteriormente señaladas)

3º.- Una perversión del concepto de máster, especialmente en el caso de Máster en Ingeniería Industrial y el Máster Predoctoral.

En el caso de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (y otras) se define el Máster en Ingeniería Industrial de la siguiente guisa:

*“El Master Universitario en Ingeniería Industrial adopta un enfoque de formación avanzada de carácter multidisciplinar (en contraposición a especializada) y orientada a la especialización de carácter profesional (en contraposición a promover la iniciación en tareas investigadoras) en el ámbito de las tecnologías industriales.*

*El master universitario en ingeniería industrial está enfocado a proporcionar una formación avanzada de carácter multidisciplinar orientada a la especialización profesional en el campo de las tecnologías industriales, habilitando para la profesión regulada de ingeniero industrial.*

*El master universitario en ingeniería industrial está dirigido a titulados universitarios que deseen obtener una formación avanzada de carácter multidisciplinar orientada a la especialización profesional en el campo de las tecnologías industriales”*

Y a continuación se ponen como ejemplos de referencia algunos ejemplos que muestran justo lo contrario:

*“En el ámbito Europeo es habitual encontrar títulos de Máster específicos tales como Power Engineering, Electrical Engineering, Management Engineering, Materials Engineering, Construction Engineering, Mechanical Engineering, Electronics Engineering and System Engineering, etc. que se ofertan en Universidades de prestigio tales como la Universite de Liege, Technische Universität Berlin, Politécnico de Milan, Politecnico de Turin, o la Ecole Central de Nantes, por citar algunas”.*

En cuanto al Máster Predoctoral, de un año de duración, y que facilita el paso del grado al doctorado, sin pasar por un “máster convencional”, este solo puede calificarse de máster atípico, (rayando casi en un auténtico oxímoron). Su verdadero significado, y su verdadero nombre, debería ser un “curso de adaptación al doctorado”

3º.- Una asunción de competencias, tanto para el grado como para el máster, especialmente en el dominio de la ingeniería industrial, fruto de trasladar al nuevo Plan las “competencias” de los planes anteriores, sin ningún análisis crítico de las mismas y las posibilidades de alcanzarlas con las nuevas estructuras educativas, que solo pueden calificarse de sonrojantes (disparatadas y superpuestas)

(En el ANEXO 2 se exponen las competencias del grado en ingeniería en tecnologías industriales, y las del máster en ingeniería industrial, en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, sobre los que obviamente sobran comentarios)

4º.- Una desmoralización generalizada de gran parte del profesorado, y del alumnado, debido entre otras razones a la falta de recursos económicos, humanos y de

instalaciones en la mayoría de los centros nacionales para llevar a cabo la formación más individualizada, la evaluación continua y otras exigencias del plan Bolonia. (Aulas masificadas, ausencia de seminarios donde trabajar en pequeños grupos, limitación de los laboratorios para prácticas, profesores desbordados por la burocracia docente y muchos de ellos desmotivados por los bajos niveles de conocimientos a transmitir, presupuestos escasos, etc., marcan la tónica dominante)

d) Conclusiones del análisis de los resultados de la transición:

El ajuste de los las Estructuras Académicas y los Planes de Estudio a las “exigencias de Bolonia” no parecen que hayan servido para la formación de profesionales de la ingeniería más cualificados para impulsar el modelo de competitividad (vía tecnología e innovación, entre otros) que España necesita, sino más bien para consolidar posiciones, “conquistas y derrotas” que aún estaban vivas en el anterior marco legal de estas enseñanzas.

Naturalmente, todas las consideraciones que aquí se efectúan no pueden aplicarse por igual en todas las universidades y centros de formación de ingenieros de España, pero si marcan una tónica general sobre la que es preciso reflexionar para reconducir, si fuera el caso, la formación de estos profesionales, en todos sus órdenes formativos, por una senda que les convierta en un pilar fundamental del desarrollo en todos los órdenes que este país precisa y que todos, políticos, sindicatos y ciudadanos en general reclaman.



## **5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA GENERAR UN CAMBIO EFECTIVO DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN ESPAÑA**

De todo lo expuesto en este documento, así como el de BASES CONCEPTUALES SOBRE LAS QUE SUSTENTAR UNA NUEVA FORMACIÓN DE INGENIEROS pueden extraerse las siguientes conclusiones (y recomendaciones) generales y específicas

### **a) Conclusiones y recomendaciones generales:**

La situación de la formación de ingenieros en España resultante de la aplicación del Plan Bolonia es insostenible. Por esta vía España no mejorará su competitividad por la vía del desarrollo y la innovación tecnológica.

Si se desea alcanzar una correcta formación de ingenieros en España, al servicio de los intereses generales del País en un marco de competitividad global, es inútil continuar realizando reformas sobre reformas.

Es preciso acometer un cambio radical con una visión nueva, amplia y objetiva.

Un cambio de este tipo no puede esperarse que surja desde dentro del sistema universitario actual. Ha de ser “impuesta”, o al menos “recomendada” para los centros que deseen acometerla, desde fuera.

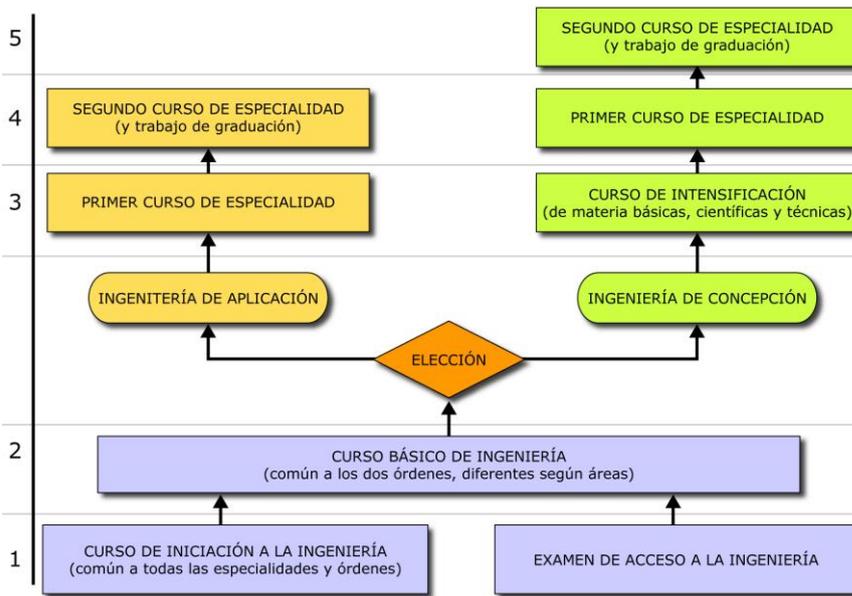
(Posiblemente por un Comité de Expertos nacionales e internacionales, multidisciplinar, con representación de la academia, la industria y la planificación estratégica).

Las conclusiones de tal Comité de Expertos deben ser amparadas por normas y leyes específicas que permitan su aplicabilidad en un marco de flexibilidad (no presentadas como obligatorias para todos los centros)

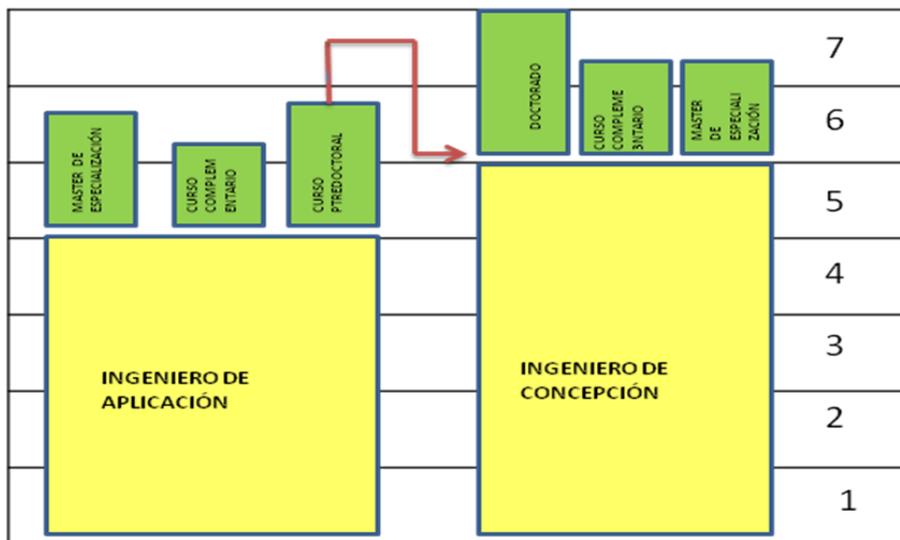
### **b) Recomendaciones y recomendaciones específicas para impulsar una nueva formación de ingenieros en España:**

1ª.- Crear nuevos “Centros Politécnicos de Excelencia”, a escala regional, nacional y comunitaria, separados de las universidades convencionales, que pongan en marcha los cambios necesarios en todos sus aspectos (eliminación de la endogamia).

2ª.- La estructura básica de los estudios de grado será la señalada en el esquema, de acuerdo con lo expuesto en los puntos 2.5, 5.2 y 5.4 de las BASES CONCEPTUALES



3ª.- La estructura básica de los estudios de postgrado será la señalada en el esquema, de acuerdo con lo expuesto en los puntos 2.6 y 5.5 de las BASES CONCEPTUALES



4ª.- Los contenidos y métodos estarán acomodados a los órdenes de actividad y a los órdenes formativos consecuentes, de acuerdo a lo señalado en los puntos 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 7 de las BASES CONCEPTUALES (formación para la empleabilidad, incluyendo la emprenduría)

5ª.- Las competencias de estos ingenieros estarán acordes con los diferentes órdenes de actividad de la ingeniería (Punto 1.4 de las BASES CONCEPTUALES)

6ª.- Las titulaciones de grado alcanzadas en estos Centros serán las señaladas en los puntos 6 y 7 de las BASES CONCEPTUALES

Ingeniero de Aplicación en XX (IA-XX)  
Ingeniero de Concepción en XX (IC-XX)

Podrán haber titulaciones dobles y en particular la de IA XX + Industrial, o IC XX + Industrial

7ª.- La selección de alumnos se efectuará mediante test y pruebas de evaluación de acuerdo a lo señalado en los puntos 4 y 5.4 de las BASES CONCEPTUALES

8ª.- La selección del profesorado se efectuará de acuerdo a lo señalado en los puntos 3 y 7 de las BASES CONCEPTUALES

Perfiles diferenciados de acuerdo a los órdenes formativos  
Formación previa multidisciplinar y bidimensional  
Necesario contacto con la realidad industrial

9ª.- La promoción del profesorado se hará de acuerdo a lo señalado en los puntos 3 y 7 de las BASES CONCEPTUALES

Mecanismos diferenciados respecto de las formaciones no ingenieriles  
Mecanismos diferenciados de acuerdo a los órdenes formativos  
Remuneraciones de acuerdo al impacto docente e investigador (investigación aplicada) de su labor

10ª.- Desburocratización de la labor del profesorado y de los investigadores

11ª.- Financiación de acuerdo a resultados

Grado de aceptación de los graduados en el mundo profesional  
Impacto de la investigación aplicada y productos innovadores en el mercado

NOTA:

La comparación de la nueva situación con la existente antes de la aplicación del al Plan Bolonia muestra las razones por las cuales los Ingenieros Superiores españoles tenían un alto reconocimiento en España y en todo el mundo.

Por ejemplo, el Ingeniero Superior Industrial de la especialidad mecánica podría considerarse como un ingeniero de concepción mecánico e industrial, es decir una doble especialidad dentro del tercer orden formativo de la ingeniería, capacitado para ejercer el cuarto, sexto y séptimo orden de actividad simultáneamente. De ahí la "tendencia", impuesta o real, de una duración de los estudios de seis años.

Igualmente el Ingeniero Técnico Industrial especialidad mecánica podría considerarse un ingeniero de aplicación mecánico e industrial, es decir, con una doble especialidad dentro del segundo orden formativo de la ingeniería, capacitado para ejercer el segundo, tercero y quinto orden de actividad simultáneamente. De ahí la "tendencia", impuesta o real, de una duración de los estudios de cuatro años.



## **ANEXO 1:**

### **Competencias específicas del ingeniero Mecánico (UNED)**

Las competencias disciplinares específicas a alcanzar durante el transcurso y finalización de dichos estudios radican fundamentalmente en:

- E.01** Capacidad para la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito su especialidad.
- E.02** Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad.
- E.03** Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos.
- E.04** Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- E.05** Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
- E.06** Habilidades en la organización de empresas. Capacidad de organización y planificación.
- E.07** Capacidad para conocer, entender y utilizar los principios de (formación considerada básica):
- Álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales.
  - Física, mecánica, electromagnetismo, termodinámica fundamental, campos y ondas.
  - Programación de computadores, sistemas operativos, aplicación y uso de bases de datos y aplicaciones informáticas.
  - Química.
  - Técnicas de representación, concepción espacial, normalización, diseño asistido por ordenador, fundamentos del diseño industrial.
  - Estadística aplicada.
  - Economía general y de la empresa.
- E.08** Capacidad para conocer, entender y utilizar los principios de (materias comunes a la rama industrial):
- Mecánica de fluidos.
  - Ciencia, química y tecnología de materiales.
  - Teoría de circuitos y máquinas eléctricas.
  - Componentes y sistemas electrónicos.
  - Automatismos y métodos de control.
  - Impacto ambiental, tratamiento y gestión de residuos y efluentes, sostenibilidad.

- Metodología, organización y gestión de proyectos.
- Termodinámica aplicada
- Máquinas y mecanismos
- Resistencia de materiales
- Organización de Empresas

**E.09** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de la ingeniería gráfica.

**E.10** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos del cálculo, construcción y ensayo de máquinas.

**E.11** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos la ingeniería del transporte.

**E.12** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de la ingeniería térmica.

**E.13** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de la elasticidad y resistencia de materiales.

**E.14** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de las estructuras y construcciones industriales.

**E.15** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de los sistemas y máquinas fluidomecánicas.

**E.16** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de la ingeniería de materiales.

**E.17** Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de los sistemas y procesos de fabricación, metrología y control de calidad.

## **ANEXO 2:**

### **GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (ULPGC)**

#### **Competencias genéricas o transversales del Título (G)**

T1 Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos según el carácter específico de la mención cursada que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.

T2 Capacidad para la dirección, de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en el epígrafe anterior.

T3 Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

T4 Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas.

T5 Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

T6 Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

T7 Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

T8 Capacidad para aplicar los principios y métodos de calidad.

T9 Capacidad de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones.

T10 Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

T11 Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

#### **3.5 Competencias Profesionales Específicas (M)**

Comunes a la rama industrial, y de Tecnología específica Mecánica, Eléctrica, Química Industrial y Electrónica Industrial, más el Trabajo fin de grado.

##### **Módulo de formación básica (MB)**

MB1 Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse

en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica;

estadística y optimización.

MB2 Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

MB3 Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

MB4 Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.

MB5 Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

MB6 Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas

.  
Módulo común a la rama industrial (MC)

MC1 Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería.

MC2 Conocimientos de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería. Cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos.

MC3 Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales.

Comprender la relación entre la micro-estructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales.

MC4 Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas.

MC5 Conocimientos de los fundamentos de la electrónica.

MC6 Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control.

MC7 Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.

MC8 Conocimiento y utilización de los principios de la resistencia de materiales.

MC9 Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación.

MC10 Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.

MC11 Conocimientos aplicados de organización de empresas.

MC12 Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos

MC13 Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos.

MC14 Seguridad laboral .Conocimientos de Prevención de Riesgos Laborales.

Módulo de tecnología específica mención Mecánica (MTEM)

MTEM1 Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.

MTEM2 Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.

MTEM3 Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.

MTEM4 Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales.

MTEM5 Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales.

MTEM6 Conocimiento aplicado de los fundamentos de los sistemas y máquinas fluidomecánicas.

MTEM7 Conocimientos y capacidades para la aplicación de la ingeniería de materiales.

MTEM8 Conocimiento aplicado de sistemas y procesos de fabricación, metrología y control de calidad.

Ampliación del módulo de tecnología específica mención Mecánica

Código Definición

MTEM9 Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica mecánica.

MTEM10 Anteproyecto: Conocimiento y capacidades sobre problemas complejos en el ámbito de la tecnología específica mecánica.

Módulo de tecnología específica mención Eléctrica (MTEL)

MTEL1 Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas.

MTEL2 Conocimiento sobre control de máquinas eléctricas y accionamientos eléctricos y sus aplicaciones.

MTEL3 Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y media tensión.

MTEL4 Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.

MTEL5 Capacidad para el cálculo y diseño de líneas eléctricas y transporte de energía eléctrica.

MTEL6 Conocimientos sobre sistemas eléctricos de potencia y sus aplicaciones.

MTEL7 Conocimiento aplicado de electrónica de potencia.

MTEL8 Conocimiento de los principios de regulación automática y su aplicación a la automatización industrial.

MTEL9 Capacidad para el diseño de centrales eléctricas.

MTEL10 Conocimiento aplicado sobre las energías renovables.

Ampliación del módulo de tecnología específica mención Eléctrica

Código Definición

MTEL11 Ampliación de tecnología eléctrica y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería.

MTEL12 Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.

MTEL13 Conocimientos aplicados de organización industrial.

MTEL14

Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica eléctrica.

MTEL15 Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad en la ingeniería eléctrica.

MTEL16 Anteproyecto: Conocimiento y capacidades sobre problemas complejos en el ámbito de la tecnología específica eléctrica.

Módulo de tecnología específica mención Química Industrial (MTEQ)

MTEQ1.1 Conocimientos sobre balances de materia y energía.

MTEQ1.2 Conocimientos sobre biotecnología.

MTEQ1.3 Conocimientos sobre transferencia de materia, operaciones de separación.  
MTEQ1.4 Dimensionar sistemas de intercambio de energía.  
MTEQ1.5 Analizar, calcular y diseñar sistemas con reacción química.  
MTEQ1.6 Seleccionar y gestionar sistemas para la valorización y transformación de materias primas y recursos energéticos.  
MTEQ2 Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos.  
MTEQ3.1 Realizar el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, especialmente para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte.  
MTEQ3.2 Realizar el diseño y gestión de procedimientos de experimentación para el modelado de fenómenos y sistemas en el ámbito de la ingeniería química.  
MTEQ3.3 Realizar el diseño y gestión de procedimientos de experimentación en sistemas con flujo de fluidos.  
MTEQ3.4 Realizar el diseño y gestión de procedimientos de experimentación en sistemas controlados por la transmisión de calor.  
MTEQ3.5 Realizar el diseño y gestión de procedimientos de experimentación en sistemas en los que tengan lugar operaciones de transferencia de materia.  
MTEQ3.6 Realizar el diseño y gestión de procedimientos de experimentación para estudiar la cinética de las reacciones químicas y reactores.  
MTEQ4 Capacidad para diseñar, gestionar y operar procedimientos de simulación, control e instrumentación de procesos químicos.  
Ampliación del Módulo de tecnología específica mención Química Industrial  
Código Definición  
MTEQ5 Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica química industrial.  
MTEQ6 Anteproyecto: Conocimiento y capacidades sobre problemas complejos en el ámbito de la tecnología específica química industrial  
MTEQ7 Profundizar en los principios de la química general y sus aplicaciones en el laboratorio.

#### Módulo de tecnología específica mención Electrónica Industrial (MTE)

MTE1 Conocimiento aplicado de electrotecnia.  
MTE2 Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica analógica.  
MTE3 Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores.  
MTE4 Conocimiento aplicado de electrónica de potencia.  
MTE5 Conocimiento aplicado de instrumentación electrónica  
MTE6 Capacidad para diseñar sistemas electrónicos analógicos, digitales y de potencia.  
MTE7 Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas.  
MTE8 Conocimientos de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial.  
MTE9 Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados.  
MTE10 Conocimiento aplicado de informática industrial y comunicaciones.  
MTE11 Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización Industrial

## Ampliación del Módulo de tecnología específica mención Electrónica Industrial

MTE12 Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica electrónica industrial y automática.

MTE13 Anteproyecto: Conocimiento y capacidades sobre problemas complejos en el ámbito de la tecnología específica electrónica industrial y automática.

## Modulo Optatividad

OP1. Conocimientos de la evolución técnica de los procesos industriales y de la rehabilitación del Patrimonio Industrial.

OP2. Comprensión sobre el concepto, método, documentación y actuación profesional.

Normativa y reglamentación. Protección. Patentes.

OP3. Conocimientos las posibilidades de actuación profesional en el sector industrial con el objeto de cubrir las necesidades y demandas de la sociedad.

OP4. Conocimientos sobre los fundamentos básicos necesarios para la coordinación de la ejecución y mantenimiento de las instalaciones en el ámbito industrial.

### **ANEXO 3:**

#### **COMPETENCIAS GENERALES DEL MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL (ULPGC)**

CGM1 Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

CGM2 Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.

CGM3 Dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares.

CGM4 Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.

CGM6 Gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos.

CGM7 Poder ejercer funciones de dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos I+D+i en plantas, empresas y centros tecnológicos.

CGM8 Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CGM9 Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CGM10

Saber comunicar las conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CGM11 Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.

CGM12 Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

#### **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL MÁSTER MÓDULO TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

CETI1 Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

CETI2 Conocimiento y capacidad para proyectar, calcular y diseñar sistemas integrados de fabricación.

CETI3 Capacidad para el diseño y ensayo de máquinas.

CETI4 Capacidad para el análisis y diseño de procesos químicos.

CETI5 Conocimientos y capacidades para el diseño y análisis de máquinas y motores térmicos, máquinas hidráulicas e instalaciones de calor y frío industrial.

CETI6 Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.

CETI7 Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial.

CETI8 Capacidad para diseñar y proyectar sistemas de producción automatizados y control avanzado de procesos.

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL MÁSTER MÓDULO GESTIÓN

CEG1 Conocimientos y capacidades para organizar y dirigir empresas.

CEG2 Conocimientos y capacidades de estrategia y planificación aplicadas a distintas estructuras organizativas.

CEG3 Conocimientos de derecho mercantil y laboral.

CEG4 Conocimientos de contabilidad financiera y de costes.

CEG5 Conocimientos de sistemas de información a la dirección, organización industrial, sistemas productivos y logística y sistemas de gestión de calidad.

CEG6 Capacidades para organización del trabajo y gestión de recursos humanos.

Conocimientos sobre prevención de riesgos laborales.

CEG7 Conocimientos y capacidades para la dirección integrada de proyectos.

CEG8 Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL MÁSTER MÓDULO

##### INSTALACIONES, PLANTAS Y CONSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS

CEIP1 Capacidad para el diseño, construcción y explotación de plantas industriales.

CEIP2 Conocimientos sobre construcción, edificación, instalaciones, infraestructuras y urbanismo en el ámbito de la ingeniería industrial.

CEIP3 Conocimientos y capacidades para el cálculo y diseño de estructuras.

CEIP4 Conocimiento y capacidades para el proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de Seguridad.

CEIP5 Conocimientos sobre métodos y técnicas del transporte y mantenimiento industrial.

CEIP6 Conocimientos y capacidades para realizar verificación y control de instalaciones, procesos y productos.

CEIP7 Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.