



**REAL ACADEMIA DE INGENIERIA**

## **NUEVOS MODELOS INDUSTRIALES**

---

**Un camino hacia el crecimiento inteligente,  
sostenible e integrador en Europa**

**Dr. Sanjurjo Jul, José Manuel**

10 de marzo de 2013

## INDICE

1. INTRODUCCION
2. WHERE WE STAND
  - 2.1 LA SITUACION ACTUAL DEL TEJIDO INDUSTRIAL
  - 2.2 UN MUNDO EN TRANSFORMACION. LA TERCERA REVOLUCION INDUSTRIAL
  - 2.3 EL RETO DE EUROPA: ADAPTARSE AL CAMBIO
3. QUO VADIS MANUFACTURING?: LAS TENDENCIAS
  - 3.1 LA PRODUCCION AVANZADA Y DE ALTO VALOR AÑADIDO
  - 3.2 HACIA UNA NUEVA BASE INDUSTRIAL
  - 3.3 LAS TENDENCIAS GENERALES
  - 3.4 INNOVACION, Y TECNOLOGIA
  - 3.5 LAS TENDENCIAS EN TECNOLOGIA
  - 3.6 UN ENTORNO FAVORABLE
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
5. UNA CONSIDERACION FINAL

### 1. INTRODUCCION

Europa ha sido la cuna de la industria manufacturera y tradicionalmente ha liderado amplios sectores de la misma, el sector industrial aun proporciona los 4/5 de todas las exportaciones y el 80% del R&D privado de la Unión lo financia este sector. Sin embargo, la tendencia de las últimas décadas claramente nos indica, que si no se toman medidas, el sector manufacturero de la EU en su conjunto puede verse seriamente amenazado en el futuro inminente. La producción actual ha descendido 10% con respecto a la anterior a la crisis y se han perdido 3 millones de puestos de trabajo en el sector. De continuar esta tendencia, el debilitamiento del sector industrial tendría implicaciones de índoles económicas, sociales, científicas y tecnológicas que afectarían gravemente al conjunto de la economía de la Unión Europea, al nivel de vida de sus ciudadanos, e incluso a su estructura y estabilidad social.

El desarrollo del sector industrial en la Comunidad es desigual y esta desequilibrado geográficamente y por lo tanto resulta difícil –sin caer en contradicciones- hacer un análisis que abarque a todos los miembros, por tal motivo el lector debe entender que se ha hecho un esfuerzo para que las conclusiones y recomendaciones sean de aplicación a la totalidad de la Comunidad.

En general puede afirmarse que, por diversas razones, durante las últimas décadas no se le ha venido prestando la suficiente atención al sector de la industria manufacturera, cediendo terreno a nuestros competidores. Sin embargo, ahora existe el creciente convencimiento entre la clase política, empresarial y académica, de que este sector es un elemento esencial, tanto para recuperarse de la crisis actual, como para posicionarse en una nueva economía global crecientemente competitiva, basada en el conocimiento y en un nuevo paradigma energético. Una nueva economía, que en diversos documentos oficiales de la EU ya se etiqueta como la **Tercera Revolución Industrial**.

En años recientes, a ambos lado del Atlántico, se ha estado produciendo un profundo y extenso debate, que aun dura, sobre cual debería de ser el papel y el peso relativo del sector de manufacturas en la futura economía. Como consecuencia del debate, se han puesto en marcha múltiples iniciativas privadas, públicas y de cooperaciones público-privada, encaminadas a entender el alcance y todas las facetas del tema y a proponer las correspondientes líneas de acción correctoras. Los resultados de esas iniciativas, han empezado ya a plasmarse en políticas concretas - nacionales y supranacionales- para la transformación, el impulso y el fortalecimiento del tejido industrial.

La experiencia de la última crisis, avala la tesis de la importancia que tiene la industria manufacturera en el total de la economía, ya que los países con bases industriales sólidas, han resistido mejor la erosión del tejido productivo y en general, han sufrido en menor medida la pérdida de empleos. La tesis – que imperó por décadas en el mundo desarrollado- de que era posible ceder el sector productivo a áreas de salarios más bajos, y retener la capacidad de diseño y desarrollo en las metrópolis, ha demostrado ser absolutamente errónea,

evidenciando el hecho de que cuando se cede la producción es solamente cuestión de tiempo que se pierda también la tecnología, el diseño y la capacidad de innovación.

Otra hipótesis que también en entredicho, es que un sistema económico orientado prioritariamente y casi exclusivamente a servicios es viable en el entorno de la nueva economía. La realidad es que, si una nación cede y se desprende de su sector industrial, a medio y largo plazo le resultará muy difícil equilibrar la balanza de pagos únicamente con los servicios que genera, por muy buenos y exclusivos que sean estos. Cuál debe de ser el correcto equilibrio entre el sector de servicios y el manufacturero es un tema que requiere ser resuelto caso por caso a nivel local y para cada economía en particular.

Recientes estudios<sup>1</sup> demuestran sin lugar a dudas que existe una correlación entre la capacidad de producir productos complejos y el nivel de riqueza. La orientación de la base industrial hacia los productos complejos y de alto valor añadido, va originando un tejido industrial, rico en interrelaciones y generador de empleo en todos los niveles. En el futuro, la competición internacional se libraré cada vez más en el extremo del espectro correspondiente a los productos sofisticados de gran contenido tecnológico y complejidad, que son el resultado de la integración de otros con igual o menor nivel de complejidad. **El tejido industrial de la Tercera Revolución Industrial tendrá que orientarse prioritariamente a la producción de productos complejos de alto valor añadido.**

Observando la evolución del mercado internacional en las últimas décadas, y cuales han sido los mecanismos que han contribuido a desarrollar la capacidad de competir de las economías emergentes, acortando la ventaja tecnológica que tenían con las economías desarrolladas, queda patente que existe una fuerte **correlación entre la capacidad de producción, capacidad de innovación y riqueza**. Las economías emergentes que comenzaron manufacturando componentes de escaso valor añadido, de escaso componente tecnológico, escalan rápidamente los niveles de complejidad y alta tecnología antes reservados a las economías desarrolladas. China, a través del proceso de aprendizaje de manufacturar, en pocos años se ha convertido en líder en sectores industriales que eran coto exclusivo de las EEUU, Japón y la EU, lo que confirma que la industria manufacturera es un poderoso vehículo para generar innovaciones. Un camino que al final de la Segunda Guerra Mundial ya había recorrido Japón.

Como analizaremos más adelante, la Tercera Revolución Industrial traerá la profunda transformación de toda la base productiva. Si bien la salida de la crisis aconseja, a corto plazo, frenar el deterioro de la base industrial existente, sería un error asumir que este tejido, que puede ser útil para mantener el nivel de empleo en las actuales circunstancias de emergencia, podrá sobrevivir en el futuro en un ambiente competitivo muy diferente; la futura economía exigirá enfocarse cada vez más en la **producción de componentes y productos de alto valor añadido y de sus servicios relacionados (High Complexity, High Value Manufacturing, HCHVM)** y esto exige transformar la base industrial europea de un modelo intensivo en mano de obra a otro intensivo en conocimiento.

---

<sup>1</sup> Hausmann, Hidalgo et al. The Atlas of Economic Complexity.

## Nuevos Modelos Industriales

---

Apostar por una base industrial basada en el conocimiento, es una fórmula segura de apostar por una sociedad más rica, con amplio empleo y capaz de proporcionar los niveles de bienestar social que hemos alcanzado en Europa.

Una economía orientada a producir productos HCHVM, capaz de competir de manera sostenida en los mercados internos e internacionales, necesitará estar basada: primero en la aplicación de la ciencia y la tecnología e innovación a productos y procesos productivos, en un conocimiento profundo del mercado; en técnicas para gestionar la complejidad técnica y programática; y en innovadores modelos de negocio que permitan adaptarse a cada condición de un mercado en evolución en el menor tiempo posible<sup>2</sup>. Todo ello en un escenario de escasez de recursos naturales y energéticos.

---

<sup>2</sup> Speech of Sir John Rose on RSA “Creating a High Value Economy”

**WHERE WE STAND**

### 2. WHERE WE STAND

Antes de introducirnos a fondo en el tema, creo que para mantener el rigor del informe, - que aunque, ya se subrayaron en la introducción – conviene resaltarlo nuevamente. Cuando nos refiramos al tejido industrial europeo, Europa presenta un escenario muy desigual, con áreas desindustrializadas, con áreas en proceso de recuperar la capacidad productiva y junto a otras que son líderes mundiales en el sector manufacturero. Por eso, el lector debe de entender, que los análisis y recomendaciones que realicen en este documento, son para la EU en abstracto y en su conjunto, aun a sabiendas de que muchas regiones, se encuentran en la vanguardia del sector industrial.

#### 2.1 LA SITUACION ACTUAL DEL TEJIDO INDUSTRIAL

Durante las últimas dos décadas, el sector industrial productivo de la EU, ha estado sujeto a fuertes presiones bajo el efecto de factores muy variados y muy en particular de una profunda crisis financiera, en la que aún estamos inmersos. Antes de la crisis – 2007- , lo que se considera tradicionalmente sector manufacturero, contribuía al 17,1% del PIB (GDP) de la economía de la EU y aportaba 22 millones de puestos de trabajo<sup>3</sup>.

En el periodo que va desde el 1995 al 2007 el sector había conseguido un sorprendente aumento de productividad del 46% a base de innovar productos y procesos y de deslocalizar eslabones de la cadena de valor a áreas de mano de obra más barata.

##### El impacto de la crisis

Se estima que la crisis ha causado una disminución de la producción del 10% y se han perdido más de 3 millones de puestos de trabajo en el sector<sup>4</sup>, lo que supone que la producción se retrotrajo a los niveles de los años 90, ¡más de una década de retroceso! Pero lo que resulta preocupante no son tanto estas cifras, aun siendo considerables, sino el hecho, de que el efecto de la crisis coincide con una época de enormes transformaciones tecnológicas, de globalización de los mercados y de cambio de paradigma energético.

Un efecto pernicioso de la crisis, que afecta de manera especial a las PYMES (SMEs) es la dificultad de las industrias de acceder a financiación. Esto es especialmente grave, cuando si se quiere mantener la posición competitiva en el mercado, será imprescindible realizar inversiones en nuevas tecnologías, e infraestructuras.

##### El impacto de la energía

Únicamente a los efectos de establecer el marco de lo que se analizara posteriormente, y entender el efecto de la energía en el tejido industrial europeo, en el periodo 2005-2012 el

---

<sup>33</sup> European Commission, EU Manufacturing Industry. What are the Challenges and Opportunities for the coming years?

<sup>4</sup> COM (2012) 582 final

precio de la energía se ha incrementado en un 27%<sup>5</sup> en la EU, incremento superior al que han experimentado nuestros principales competidores.

A esto habría que añadir los costes indirectos que supone el cumplimiento estricto de los objetivos de reducción de emisión de gases invernadero para el 2020 y el 2050.

### El impacto de la globalización

Como se analizará posteriormente en el documento, una realidad actual, es que el escenario manufacturero es global. La política de deslocalización de la producción hacia áreas con menores costes y cargas sociales de mano de obra, que muchas empresas han seguido en las dos últimas décadas han tenido un doble efecto: Primero crear un tejido industrial competidor, y segundo erosionar la capacidad de innovación tecnológica.

No puede ignorarse que lo que comenzó únicamente como deslocalización de manufacturas, a medida que se cierra el “gap tecnológico y científico”, nuestros competidores están creando una base de R&D que pueden competir en precios con los centros europeos, lo que está propiciando que actividades de investigación y desarrollo sigan el mismo camino que en su día siguieron las manufacturas. Esta nueva forma de deslocalización puede tener efectos a largo plazo mucho más perniciosos.

### Debilidades estructurales latentes

Los anteriores son factores evidentes que han contribuido a erosionar el tejido productivo, pero hay otras causas estructurales de fondo – independientes de la crisis- que afectan a la pérdida de competitividad, como por ejemplo la falta de espíritu emprendedor, el desinterés por las carreras técnicas, el envejecimiento de la población, resistencia a los cambios innovadores, falta de entendimiento de las consecuencias de la revolución digital, etc.

Y ya por último resaltar el hecho de que aunque no es la intención de este manifiesto realizar un análisis por naciones, es un hecho incuestionable, que el carácter de la competición internacional estará conformado, sobre todo, por las políticas de China – un **capitalismo de estado**- , y aunque en menor medida, de India. China ha alcanzado la cuota de casi el 20% de las exportaciones mundiales.

Diversos documentos de la Comisión identifican otro de las áreas cruciales para la competitividad del sector industrial, la EU que es una potencia en el ámbito de generación de conocimiento, no ha sido eficaz en comercializar esta potencialidad, y este es el núcleo del esfuerzo necesario en **innovación industrial**.

## 2.2 UN MUNDO EN TRANSFORMACION. LA TERCERA REVOLUCION INDUSTRIAL

Nos encontramos en los albores de una profunda transformación de nuestra sociedad, impulsada en primer lugar por **cambios tecnológicos** de una extensión y alcance sin

---

<sup>5</sup> COM(2012) 582 final

## Nuevos Modelos Industriales

---

precedentes en la historia de la humanidad, que se desarrollan exponencialmente; por un inevitable **cambio radical del actual modelo energético**, y por un proceso de **acelerado de globalización**, es lo que se ha dado en llamar la **Tercera Revolución Industrial**

A otra escala, la humanidad ha pasado por distintos procesos de globalización en otros periodos históricos, - como el Imperio Romano- , pero la gran diferencia es que ahora, por primera vez, el fenómeno alcanza a todo el planeta y va acompañado por una conectividad ecuménica en tiempo real, lo que inevitablemente ya está afectando a diversas facetas de nuestra existencia, que van desde una creciente estandarización cultural, hasta una uniformidad en la manera de hacer negocios, y sobre todo – en lo referente a este análisis- en que está cambiando el carácter de la competición internacional. Vivimos en un mundo cada vez más interrelacionado en el que los **retos son globales y las soluciones deben de ser por lo tanto holística**. Un mundo más “plano, mas interconectado y más pequeño en que por efecto de la tecnología se ha comprimido el tiempo y el espacio.

Pero, también, la interrelación en tiempo real conduce inevitablemente a la aceleración de los procesos internacionales, el mundo cambiará a más velocidad y esto exigirá **una mayor capacidad de adaptación**.

Como telón de fondo a estos factores de cambio, es un hecho que – con independencia de las posibles causas- se está produciendo un calentamiento a nivel planetario y un crecimiento exponencial de la población.

En gran medida, el factor impulsor de la revolución tecnológica y de la globalización es la **revolución digital** que a su vez está impulsada por el desarrollo exponencial de las tecnologías relacionadas con los microprocesadores. Siguiendo hasta ahora la ley de Moore, cada 18 meses se dobla la capacidad de proceso y de almacenamiento de memoria con respecto a la generación anterior. Este crecimiento exponencial de la capacidad de procesar, almacenar y distribuir información digital, junto al desarrollo de herramientas de software específicas para cada distintos campos de aplicación y las redes para la distribución de datos digitales es lo que está transformando el mundo científico e industrial y al final la sociedad en su conjunto.

En particular en el sector productivo, innovaciones como la siguiente generación de Internet, y el proceso en “la nube” permitirán que se extienda aún más la distribución geográfica de las cadenas de valor de los procesos productivos y esto afectara a los modelos productivos globales.

El desarrollo científico está preparando el camino a nuevos avances tecnológicos en la biología, y en la materia a nivel molecular y atómico, avances que permitirán avances sin parangón en la alimentación, medicina, nuevos materiales y nuevas fuentes de energía.

Pero el escenario geoestratégico en el que se libraré la competición también cambia; vamos hacia un sistema internacional multipolar con un cambio sin precedentes en la distribución de la riqueza y del poder económico desde el oeste al este, el centro de gravedad de la actividad económica se desplaza hacia China e India

No asistimos únicamente al desplazamiento del centro de la actividad económica, paralelamente a este fenómeno, también se están acortando las distancias en ciencia y tecnología entre las nuevas potencias emergentes y los EEUU y la EU, las cuales mantuvieron durante siglos la supremacía indiscutible. China ha escalado en un corto periodo de tiempo la pendiente hacia los nichos productivos de alto valor añadido y ya amenaza en el mercado internacional a sectores que eran tradicionalmente feudo exclusivo de la EU y de los EEUU.

Esta transformación tiene lugar en un momento en que Europa se enfrenta a una severa crisis económica que viene a imponer recortes en educación e I+D+i lo que no hace más que empeorar la situación.

**LA ESTABILIDAD, SEGURIDAD Y NIVEL DE VIDA DE LOS EUROPEOS, VA A DEPENDER DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN DE LA UE AL NUEVO ESCENARIO DE LA TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL**

### 2.3 EL RETO DE EUROPA: ADAPTARSE AL CAMBIO

¿Que está haciendo la EU para adaptar su base productiva al cambio?

Europa tiene muchas bazas a su favor para afrontar la actual crisis y de posicionarse y acometer la transformación de su base productiva para adaptarse a la nueva economía de la Tercera Revolución Industrial: una excelente base científica y tecnológica; buenas infraestructuras; un marco jurídico que protege la propiedad intelectual; excelentes centros de enseñanza; e instituciones transparentes que operan con los mas altos códigos de conducta ética.

Pero también tiene carencias importantes en lo referente a fuentes de energía y materias primas; problemas estructurales como el de una población laboral crecientemente envejecida; desmotivación para sumir los riesgos propios de actividades empresariales; estructuras de gestión pública excesivamente burocratizadas; un mercado regulado en exceso y costes generales que se derivan de nuestro estado del bienestar; creciente falta de interés por la ciencia y la tecnología; pérdida de capacidad innovadora.

Como consecuencia de la crisis, la EU ha desarrollado un amplio cuerpo de directivas y comunicaciones para afrontar el nuevo mundo que está surgiendo como consecuencia de los profundos cambios que se están experimentando en el planeta.

De una manera más o menos oficial la Comisión Europea ha endorsado el concepto de la Tercera Revolución Industrial y toda la extensa normativa – tanto del ámbito de la energía, la tecnología, la estrategia digital y la industrial es coherente con este esquema.

## Nuevos Modelos Industriales

---

Con la adopción por todos los Estados Miembros del documento redactado por la Comisión Europea, *Europe 2020* y de sus comunicaciones “flagship” derivadas, la UE ya ha trazado el rumbo hacia un nuevo modelo económico-industrial en un futuro cada vez más globalizado y en rápida transformación, con la clara vocación de ejercer el liderazgo en el camino hacia una nueva revolución industrial.

Con referencia al pilar de la energía, el objetivo “20-20-20” establecido en *Europe 2020*, sobre el futuro energético de la EU reducción de la emisión de gases invernadero un 20%, incremento de la aportación de las energías renovables al 20% del total, y aumento de la eficiencia energética en un 20% implica un cambio que afecta mucho más que a la estrategia energética, supondrá un cambio fundamental en la sociedad europea del futuro, que requerirá la adopción de redes de distribución de energía “inteligentes”, transporte urbano, edificios eficientes y capaces de generar energía y una nueva infraestructura de producción industrial. Sin acometer paralelamente estos otros cambios no será posible la consecución de estos objetivos.

**LA COMISIÓN EUROPEA, HA ESTABLECIDO EL NUEVO OBJETIVO DE AUMENTAR PARA EL 2020 EL PESO DE LA INDUSTRIA EN EL PIB DESDE EL ACTUAL 16% AL 20%**

Con la reciente publicación de la comunicación COM (2012) 582 final, “**A Stronger European Industry for Growth and Economic Recovery**”, la Comisión Europea viene a refrendar el papel fundamental de la industria en el doble camino, de primero reconstruir el dañado tejido industrial y segundo transformarlo para competir en la nueva economía.

**HOY EN DÍA EXISTE UN AMPLIO CONSENSO DE QUE NO PUEDE CREARSE EMPLEO DE CALIDAD SIN UNA BASE INDUSTRIAL COMPETITIVA, TECNOLÓGICAMENTE AVANZADA, Y ECONÓMICAMENTE VIABLE.**

**QUO VADIS MANUFACTURING?**

### 3. QUO VADIS MANUFACTURING?: LAS TENDENCIAS

#### 3.1 LA PRODUCCION AVANZADA Y DE ALTO VALOR AÑADIDO

Este manifiesto parte de la tesis, de que la futura base industrial europea, si bien debe de abarcar todo el amplio espectro de la producción, debería orientarse prioritariamente a mantener el liderazgo en procesos de producción avanzados y orientarse preferentemente a la manufactura de **productos complejos y de alto valor añadido (HCHVM)**<sup>6</sup> ya que este tipo de producción es la verdadera trectora de la tecnología y de la innovación, además de catalizador para establecer un tejido industrial y tecnológico complejo debido a que por su naturaleza, genera un amplio número de interrelaciones.

La producción avanzada – que no solo es sinónimo de productos finales de alto valor añadido, sino que es también de utilizar procesos de producción e integración más innovadores y de alta tecnología - debe considerarse como un sistema holístico que engloba el diseño, el prototipado, los procesos de producción basados en las nuevas tecnologías de manufactura, la integración software y hardware, la cualificación, la certificación, la ingeniería de sistemas necesaria para la gestión técnica de los procesos, una fuerza laboral con los conocimientos requeridos y la óptima gestión de recursos. **Salirse del corsé que supone limitarse al perímetro que implica el término tradicional de manufactura requiere un cambio cultural profundo.**

#### 3.2 HACIA UNA NUEVA BASE INDUSTRIAL

La base industrial europea ha sufrido los efectos de la crisis financiera, tres millones de puestos de trabajo perdidos y el 10% de pérdida de actividad con respecto a los niveles anteriores al 2008. La Comisión Europea ha emprendido diversas iniciativas para recuperar esta situación <sup>7</sup> apostando por crear un sector industrial que sea el motor del crecimiento y de la recuperación económica, de la innovación y del desarrollo tecnológico.

Uno de los cuatro pilares que, como elementos fundamentales para restituir la pujanza del sector, establece la comunicación COM (2012) 582, es el de, no solo, seguir fomentando la investigación y desarrollo sino también el buscar los mecanismo más eficaces para trasladar los resultados del esfuerzo investigador al mercado.

La EU en su conjunto tiene una excelente base científica y tecnológica, pero carece de la suficiente agilidad para comercializar los resultados. Entre la ingente literatura publicada de este tema, existe un unánime acuerdo, que la futura base industrial de la Tercera Revolución Industrial tiene que estar mucho más directamente conectada a las fuentes que generan el conocimiento. Esto es lo que se ha dado en llamar la **economía basada en el conocimiento**.

---

<sup>6</sup> High complexity, high value manufacturing

<sup>7</sup> COM(2012)582 final

Si algo se puede anticipar es que el tejido industrial que resulte de esta crisis, pero sobre todo, que necesitaremos para competir en el siglo XXI, va a ser muy diferente del que conocemos hoy.

### 3.2.1 ¿Cómo va a ser el futuro tejido productivo de la Tercera Revolución Industrial?

Desde el comienzo de la civilización, todo sistema productivo – desde una perspectiva exclusivamente de la ingeniería- puede considerarse como un sistema de interrelaciones entre tecnología, habilidad del elemento humano, conocimiento, fuentes de energía al alcance, y materias primas disponibles.

La Revolución Industrial originó la paulatina sustitución del **artesano**, hábil con las herramientas propias de su oficio, consecuencia de un largo aprendizaje, por la máquina más o menos automática, manejada y controlada por **operarios**, pero con la diferencia fundamental, que el producto final ya no dependía exclusivamente de la maestría y habilidad de un artesano, sino de la capacitación de un operario para interactuar con la máquina.

El sistema productivo resultante del cambio del artesano por el operario, permitía y estaba orientado a la producción a gran escala de productos estandarizados. La industria manufacturera que surgió, se sustentaba en procesos semiautomáticos e interrelacionados, que seguían requiriendo mano de obra intensiva, concentrada en factorías bajo la férrea disciplina de tiempos de producción y en última instancia, del reloj. La organización del trabajo en factorías supuso una ruptura radical con el sistema de producción en pequeñas unidades familiares; un cambio tan radical que acabaría acarreado con el tiempo profundos transformaciones sociales y políticas en toda Europa.

La siguiente gran innovación en organización de la producción la inicia Ford, con la creación de la línea de producción y montaje, que ha sobrevivido en gran medida hasta nuestros días, aunque ha ido evolucionando hacia niveles de crecientes de automatización y robotización y consecuentemente de productividad.

La industria del automóvil es sin duda alguna el paradigma de la supervivencia y evolución de la línea de producción. Sin sufrir cambios revolucionarios, mediante la inclusión constante de nuevas tecnologías e innovaciones, se ha ido aumentando sin cesar la productividad de las líneas de montaje de automóviles; la misma producción que en el 1965 necesitaba 5000 operarios, hoy se logra con 1500.

La factoría y la línea de producción fueron las dos transformaciones radicales del tejido industrial que se produjeron durante las dos primeras revoluciones industriales pero, **¿cual va a ser la transformación que traiga la Tercera Revolución Industrial?**

Antes de intentar contestar a la pregunta, convendría revisar el propio concepto de manufactura; la irrupción de biotecnologías, de la biología sintética y su intersección con otras tecnologías críticas, como nanotecnología, fotónica etc., la creciente inclusión de software como parte del producto final, todo esto, previsiblemente va a dar lugar a productos

totalmente innovadores, algunos híbridos bio-mecánicos, que difícilmente podrían enmarcarse en la definición tradicional de lo que hoy consideramos “productos” manufacturados. **La tecnología está ampliando el contorno de la definición tradicional de manufactura.**

En una época como la actual, de desarrollos tecnológicos exponenciales, tratar de leer la bola de cristal y de adivinar cómo será el tejido industrial productivo en el presente siglo más allá del horizonte de 10 años, es una tarea poco rigurosa y desde luego enormemente arriesgada. Lo más que se puede hacer, es pronosticar tendencias basadas en la evolución del previsible desarrollo según ciertos ejes generales y un poco más específicamente en ciertas tecnologías troncales y facilitadoras (enabling).

**Las innovaciones en robótica, inteligencia sintética, en impresión 3D, nuevos materiales y nanotecnología, revolucionarán los centros de producción que hoy conocemos y consecuentemente alterarán profundamente la actual organización social del trabajo.**

### 3.3 LAS TENDENCIAS GENERALES

Como ya hemos indicado, resulta arriesgado predecir cómo será la factoría de dentro de 20 ó 25 años, y más aún, que topología tendrá el futuro tejido industrial. Y lo que requeriría dotes adivinatorios sería imaginar que variedad de productos – algunos de los cuales sería difícil incluso imaginar- pueden estar en el mercado para entonces. Pero lo que sí se puede es extrapolar algunas de las tendencias evolutivas que ya se observan hoy.

En términos generales, lo primero que se puede inferir, es que, de manera similar de lo que ocurre en otros sectores, el futuro tejido productivo va a venir determinado por el imparable desarrollo de **la digitalización**, por la aplicación en todas sus facetas del **conocimiento a productos y procesos, y por tener que competir un escenario de innovación continua**. Este escenario innovador estará en parte generado por la demanda del mercado, y en parte por la propia dinámica que se establece como consecuencia de aplicar masivamente conocimiento al tejido industrial.

Vivimos cada vez más inmersos en una civilización digital, y la industria no va a ser precisamente una excepción. La cabeza tractora de la transformación del sector de manufacturas va a ser la **revolución digital**, cuyos avances espectaculares van a hacer posible niveles de **conectividad, automatización, robotización y simulación virtual** con potencial para transformar todo el tejido productivo.

**La revolución digital está transformando el planeta, y en particular al sector productivo, en un espacio “plano” más reducido y plenamente interconectado.**

#### 3.3.1 Conectividad: el espacio integrado de la creación de valor

**La conectividad digital** en tiempo real, con cobertura global y con ancho de banda prácticamente ilimitado permitirá la interconexión entre todos los elementos de la cadena de

creación de valor con independencia de su localización geográfica. El desarrollo de la siguiente generación de Internet, y la creciente importancia del proceso basado en bases de datos y aplicaciones virtuales (cloud computing) van a suponer un verdadero revulsivo en el tejido productivo y en los modelos de negocio tal y como los conocemos hoy en día.

La conectividad a una nueva escala máquina-máquina con independencia de su situación geográfica- y el acceso global a la “nube” creará un entorno productivo cuya potencialidad es difícil de imaginar y de predecir. Estos avances permiten la interconexión sin solución de continuidad y casi en tiempo real entre los centros de diseño y desarrollo dispersos geográficamente con centros de prueba y producción igualmente distribuidos por todo el planeta. No es que esta sea una situación totalmente nueva, pero lo que sí es novedoso, es la escala a la que se producirá.

Pero la conectividad no se refiere únicamente a interconectar centros productivos y oficinas de diseño, se refiere a que máquinas con máquinas e individuos con máquinas puedan intercambiar enormes volúmenes de datos en tiempo real y en formatos múltiples y de manera altamente fiable. Existen ya en el mercado numerosas herramientas informáticas que permiten explotar la conectividad con el fin de mejorar la productividad. La potencialidad y capacidad de las innovaciones tecnológicas, seguirá creciendo exponencialmente en los próximos años, contribuyendo a distribuir y deslocalizar la producción de subsistemas y componentes a escala global, a acortar distancia y tiempo y consecuentemente a crear **una nueva distribución del tejido industrial mundial**.

Otra consecuencia de la conectividad es que permitirá acortar el ciclo de gestación de los productos y acortar el tiempo del ciclo concepto-cliente y por lo tanto ser más flexible para adaptarse a un mercado en rápida evolución.

Si tenemos en cuenta, que la introducción de una cadena de innovaciones de los telares automáticos en Inglaterra durante el siglo XVIII, coincidiendo con un cambio de modelo energético, acarrió a la larga la transformación de todo el tejido industrial europeo, --con enormes implicaciones políticas y sociales- ; de manera similar, la próxima revolución industrial va a generar un tejido productivo diferente, una base industrial fuertemente digitalizada formando parte de un continuo superior: **el espacio digital integrado de creación de valor**, que a su vez generará una base más eficiente en la de gestión de recursos basada en otro paradigma de modelo de energía, casi con toda seguridad más distribuida, respetuosa con el medio ambiente y capaz de **generar empleos altamente cualificados y mejor retribuidos** en de toda la pirámide demográfica activa.

El concepto de **espacio integrado productivo y de creación de valor**, trasciende lo que hasta ahora se entendía como la pura actividad manufacturera aislada de las otras actividades de la cadena de creación de valor. El nuevo paradigma requiere – y la tecnología digital lo permite- la integración en un único continuo, de la innovación, el diseño, la producción, los servicios directamente asociados y la gestión del cliente.

Este nuevo concepto consistente en considerar el sector manufacturero como elemento indivisible del sistema de creación de valor, implicara que interrelación entre las fases se hará sin la intervención directa de operarios y todos los actores podrán utilizar la misma base de datos bajo control de configuración en tiempo real y esto significa eficiencia en ahorros de tiempo y en la eliminación de errores humanos a la hora de transferir información de paso a paso de los procesos. Por otra parte este concepto rompedor con la manera tradicional de establecer responsabilidades va a dinamizar las cadenas de suministro globales eliminando riesgos y aumentando la eficiencia.

**LAS TECNOLOGIAS QUE ESTAN FAVORECIENDO LA IRRUPCIÓN MASIVA DE LA REVOLUCION DIGITAL EN EL TEJIDO PRODUCTIVO, CONTRIBUIRAN A LA CREACION DEL ESPACIO INTEGRADO DE CREACION DE VALOR**

### 3.3.2 Automatización y Robotización

Pero volvamos al nivel de **automatización y robotización** de los futuros centros de producción.

La utilización de “robots” para soldadura en las cadenas de montaje, concretamente en el ensamblaje de chasis, se remonta al comienzo de los años treinta del pasado siglo. Los robots con brazo articulado aparecen en los años 60, y desde que se introdujeron en el mercado como elementos de las cadenas de montaje hasta el presente, los robots industriales, en su mayoría estáticos y pre-programados, siguieron realizando tareas repetitivas – aunque cada vez más complejas en términos de grados de libertad de movimientos y de secuencia de tareas- en las cadenas de producción, aumentando, la productividad de manera espectacular. Pero actualmente, si excluimos la industria del automóvil el empleo de robots en producción es reducido<sup>8</sup>. De hecho el reino del robot de producción sigue siendo la industria de producción en masa y de manera particular la industria del automóvil.

Pero los avances en inteligencia artificial y en robótica, abren un nuevo campo de aplicación que permitirán la utilización de nuevas generaciones de robots móviles<sup>9</sup> con capacidad de aprendizaje (estos avances empiezan ya a producirse en el ámbito de la defensa) capaces de interactuar con operarios y compartir con ellos las mismas herramientas, hardware y software y espacio de trabajo. No se trata como en el pasado simplemente de realizar tareas estandarizadas perfectamente definidas y programadas, se trata realmente de que contribuyan directamente a las tareas de la cadena totalmente integrados con el elemento humano en los procesos.

Pero, lo más importante y revolucionario es que estos robots podrán compartir “conocimiento” en tiempo real con humanos, otros robots, ordenadores, bases de datos, etc. y esta capacidad abre también posibilidades difíciles de predecir hoy.

---

<sup>8</sup> En Japón, el país mas robotizado, el numero de robots por cada 10.000 empleados no excede los 300

<sup>9</sup> La base no esta fijada al suelo

Existe otra tendencia a tener muy en cuenta en tareas que requieren un continuado esfuerzo físico, -sobre todo a la vista del envejecimiento general de la población europea- que es el sector de los exoesqueletos. La hibridación entre operarios y robots va a seguir progresando y modificando el tejido industrial.

La incorporación masiva de robots y de exoesqueletos de la siguiente generación al tejido industrial de producción va a requerir importantes inversiones en I+D y en infraestructura. Esto presenta un problema a corto plazo para conseguir financiación, especialmente si tenemos en cuenta que los robots de la nueva generación se adaptarán mejor a la PYMES, que son las que tiene menor capacidad de acceder al capital.

**LA ROBOTIZACION DEL ESPACIO INTEGRADO DE PRODUCCION ES UNA PRIORIDAD TECNOLÓGICA, LOS ROBOTS ESTAN LLAMADOS A SER EL PUENTE ENTRE LAS TECNOLOGIAS DIGITALES Y EL MUNDO REAL DE LA FACTORIA. ES URGENTE ESTIMULAR UNA BASE INDUSTRIAL EUROPEA EN ESTE SECTOR**

¿Qué efecto va a tener la robotización en los niveles de empleo? Sin tejido industrial competitivo, no es posible generar empleo; la futura base industrial debería que ser capaz de generar puestos de trabajo de alta calificación en la UE, en un escenario de envejecimiento de la pirámide demográfica. *Europa 2020*, ha establecido como objetivo el empleo del 70% de la población entre los 20 y 64 años, aunque es de prever que por razones económicas y sociales, los estados miembros de la EU necesiten aumentar el límite alto de la pirámide demográfica productiva y consecuentemente se modifique la distribución del trabajo a lo largo de la vida activa de un individuo.

Pero la paradoja es que el nuevo tejido industrial **altamente automatizado y robotizado** necesitará cada vez menos mano de obra directa en planta, pero aumentará las necesidades laborales hacia otros eslabones superiores de la cadena de valor, de tal manera que el cómputo total debería de alcanzar el objetivo de pleno empleo, lo que lógicamente implica una profunda evolución profesional de la fuerza laboral.

Esta transformación de la base social del tejido productivo, no va a ser algo automático y sin traumas, la nueva economía de la Tercera Revolución Industrial, requerirá una población activa más educada y mejor formada para desenvolverse en un medio productivo altamente tecnificado, que requiere nuevas capacidades profesionales.

**LA NUEVA BASE INDUSTRIAL VA A REQUERRIR NUEVOS PERFILES PROFESIONALES, LOS SISTEMAS EDUCATIVOS DEBEN ANTICIPARSE A ESTA REALIDAD SOCIAL.**

El **espacio integrado de producción** – o de creación de valor según se quiera considerar- no solo será cada vez más integrado, sino que será cada vez más **global y distribuido**. El final de la Guerra Fría, la liberación del mercado internacional, los avances en tecnología digital y la incorporación de los países emergentes al concierto internacional ha contribuido al presente escenario en el que la producción – sobre todo la de menor valor añadido- está deslocalizada en diversas partes del planeta, aunque toda muy relacionadas entre si.

La inevitable fragmentación y deslocalización de las cadenas de valor y su distribución global de sus elementos conducirá a que los **espacios integrados de producción**, sean cada vez más globales y estén cada vez más distribuidos. En principio la deslocalización de elementos de las cadenas, no solo no es intrínsecamente malo, sino que en general contribuirán a la competitividad de las empresas y por otra parte es algo inevitable en una economía cada vez más libre e interrelacionada; no obstante desde un punto de vista estratégico industrial los gestores públicos y líderes políticos deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La deslocalización – sobre todo en la base industrial de la defensa- pueden producir dependencias vitales del exterior
- Existe una probada correlación entre capacidad de producción y capacidad de innovación; cuando se deslocaliza producción a la larga se esta perdiendo innovación.
- En los productos complejos debe de retenerse la capacidad de integración vertical, ya que cada vez más el valor añadido residirá en los procesos de integración.
- A medio plazo, la deslocalización altera el carácter de la competición internacional. Cuando se asigna un eslabón de la cadena de valor a un país en vías de desarrollo, este acabara adquiriendo la tecnología y convirtiéndose en un competidor

### 3.3.3 Adaptabilidad

Por otra parte, en una época de cambios acelerados y muchas veces imprevistos de las condiciones de los mercados imponen que este tejido industrial sea **adaptable** a cambios bruscos en la demanda.

Una base industrial flexible y adaptable a cambios bruscos, por ejemplo en el precio de la energía y de las materias primas, a los gustos, necesidades y normativa de los mercados requiere una infraestructura reconfigurable y seguramente un tejido mucho más distribuido y desde luego nuevos modelos de gestión.

### 3.3.4 Sostenibilidad

Una base industrial sostenible pasa por una correcta gestión de los recursos materiales y energéticos en un previsible escenario de cambio de paradigma energético en Europa. Las decisiones que se adopten en la EU sobre política energética – y concretamente sobre energía eléctrica- será uno de los factores decisivos a la hora de transformar la base productiva. La competitividad industrial depende directamente del suministro de energía segura, sostenible y asequible.

El Consejo Europeo ( European Council), la Comisión (European Commission) han establecido el objetivo estratégico 20-20-20<sup>10</sup> relacionado con la política energética para el año 2020, y el objetivo de reducción de emisión de carbón del 80/95% para el año 2050<sup>11</sup>, sin embargo no existe una clara estrategia energética englobe a toda la comunidad ni una interpretación

---

<sup>10</sup> Europe 2020

<sup>11</sup> COM(2010)639 y COM(2011) 885/2

unánime de los mismos. La manera de interpretar los anteriores objetivos y de priorizarlos en el tiempo puede llevar a soluciones globales totalmente diferentes con consecuencias también totalmente distintas sobre la conformación del tejido industrial.

El objetivo de reducción de emisión de gases del 20%, es una medida que hay que enmarcarla en una política medio ambiental, mientras que los de mejora de eficiencia de consumo en el 20% y el de aumentar la contribución de las energías renovables en también el 20% pertenecen al ámbito de la política industrial. Los tres objetivos están relacionados pero no existe una correlación directa entre ellos.

Si prevalece la política medio ambiental, y el objetivo irrenunciable sobre otra cualquier consideración es la reducción de emisión de CO<sub>2</sub>, la iniciativa privada y los recursos públicos podrían orientarse a soluciones tecnológicas que no necesariamente podrían coincidir con el esfuerzo tecnológico que requiere un cambio radical de paradigma energético y una transición sostenible hacia energía renovables y de una red de distribución inteligente.

Por otra parte la transición hacia las cuotas de energías renovables que ha definido la Comisión requería – en ciertas áreas de la Comunidad- una ingente financiación público privada en un escenario de profunda crisis económica en la zona euro. El esfuerzo requiere además desarrollos importantes tecnológicos en los segmentos de producción, almacenamiento y distribución que no parece sean asumibles ni en las actuales circunstancias ni en el periodo de tiempo establecido. Además, la transición de modelo energético requiere una estrategia holística que englobe las diversas iniciativas que deben de confluir en el mismo esfuerzo: smart grids, smart cities, green cars y future factories.

Un factor que no puede ignorarse es el coste eficacia de la decisión política de transición a un suministro de energía alternativo y sostenible ya que esto incide directamente en la competitividad del sector productivo. Competir en la Tercera Revolución Industrial, - como ya se indicó- consiste fundamentalmente en disponer de un suministro de energía a precios competitivos, predecibles, seguros e independientes del exterior, y esto a su vez requiere definir una estrategia global energética para toda la EU.

**LA POLÍTICA DE ENERGÍA TIENE UNA INFLUENCIA DECISIVA SOBRE LA BASE INDUSTRIAL PRODUCTIVA EUROPEA. LA EU NECESITA UNA ESTRATEGIA GLOBAL PARA EL CAMBIO DE PARADIGMA ENERGÉTICO CON OBJETIVOS COHERENTES, ALCANZABLES Y PRIORITARIZADOS.**

### 3.4 INNOVACION, Y TECNOLOGIA

#### La industria como motor de la innovación

Como ya se indicó anteriormente, existen suficientes datos y evidencias que avalan la estrecha relación existente entre innovación y el sector manufacturero y no es el momento de incidir de nuevo en los argumentos. Las actividades de producción generan y demandan innovaciones.

Hoy en día en un mercado crecientemente competitivo para abrir nuevos mercados y mantener los ya consolidados es imprescindible estar en disposición de lanzar periódicamente al mercado productos innovadores que permita mantener la posición y desplazar a la competencia; el mercado está constantemente demandando innovación.

Pero por otra parte, incluso sin modificar los productos, los procesos de producción tiene que adaptarse constantemente a las condiciones cambiantes del mercado, a nuevas cadena de proveedores, nuevas exigencias de los clientes, nuevos modelos de negocio, cambios en la infraestructura de producción, nuevas estructuras de coste, etc.

Los campos de innovación en el sector manufacturero son variados:

- Innovación en productos
- Innovación en la cadena de suministro
- Innovación en los procesos
- Nuevos métodos de gestión
- Nuevos modelos de negocio
- Y prácticamente con aplicación transversal a todos los anteriores innovaciones tecnológicas

En la economía basada en el conocimiento, con una base industrial avanzada, orientada hacia la producción de alto valor añadido, un elemento fundamental en el que sustentar **el espacio integrado de creación de valor** es el **ecosistema científico- tecnológico** que genere las innovaciones y para ello es necesario dotarse de los mecanismos que faciliten el constante flujo de ideas e innovaciones técnicas al mercado de consumo. Pero lo que importa no es únicamente asegurar el flujo de conocimiento hacia los mercados, una característica de la competitividad en el futuro será estar en condiciones de responder con celeridad a los cambios del mercado y esto requiere estar en disposición de movilizar los recursos de tecnología y de la innovación de diseño, desarrollo y producción para ser los primeros en alcanzar el mercado.

La integración del tejido generador de conocimiento e innovación con la base industrial manufacturera va a ser la clave para incrementar la productividad y proporcionar la ventaja competitiva en un mercado global y en constante cambio que demanda constantemente innovación. Este es un esquema diferente, no se trata de recurrir a los esquemas anteriores consistentes en que, una vez que se identifica una necesidad – si no se puede resolver con los medios internos- se acude a una Universidad para tratar de buscar una solución. La agilidad que se requiere hoy en día solamente se puede lograr con una integración estrecha de los recursos disponibles y de la cadena de valor en su totalidad.

En Europa, gran parte de las Universidades y de los programas de investigación se financian con fondos públicos y consecuentemente este gran cultivo de conocimiento debe ponerse al servicio de la sociedad que lo sostiene con sus impuestos. Sin abandonar sus objetivos académicos, el mundo académico tiene que reorientarse a ser el embalse del conocimiento que sirva de base a las innovaciones que alimenten al tejido productivo para satisfacer la demanda del mercado. Al sector manufacturero le corresponde materializar y comercializar el

conocimiento, al final de cuentas el verdadero incentivo para la innovación es que produzca beneficios. ¿Pero cuál debería ser el mecanismo para transferir el conocimiento desde los centros que lo generan a la base industrial?

En otras palabras, **los sistemas de innovación nacionales** tienen que ser lo suficiente ágiles, para responder pasivamente a los mercados, y para ser proactivos y anticiparse a los cambios.

Concentrarse en la producción avanzada, no significa abandonar la manufactura de productos menos avanzados y complejos, pero la manufactura de productos complejos creará a su vez un substrato de cadenas de valor de creciente complejidad. Es decir si se renuncia a competir en la gama alta de la manufactura se renuncia a un tejido industrial complejo y a perder áreas de alta tecnología, y a la postre de capacidad de innovación.

Las economías emergentes que serán nuestra competencia, sin abandonar la ventaja competitiva que les supone el coste de la mano de obra cualificada, están escalando deprisa hacia niveles de creciente complejidad en muchas áreas, en las que paradójicamente el esfuerzo innovador se realizó en la EU o en USA – ordenadores portátiles, placas solares, baterías de litio, monitores, etc. esenciales para sectores como el de defensa, aeroespacial, energía-.

El haber transferido capacidad de fabricación a áreas de mano de obra barata, por razones puramente económicas, ha ido creando una base de tecnología e innovación. La situación ahora, no es únicamente el que el centro de gravedad de la actividad económica mundial se esté desplazando hacia la costa asiática del pacífico, es que también se está desplazando el centro de gravedad científico y tecnológico. Países como China e India han ya irrumpido en sectores de alta tecnología, como defensa, aeroespacial y energético. No resulta arriesgado asegurar que en menos de una década estarán en condiciones de competir en áreas que hasta ahora eran exclusivas de los EEUU y la EU.

Durante años se ha argumentado que podía desligarse la actividad de R&D de la de producción, reservándose las sociedades desarrolladas, la investigación, innovación, diseño y desarrollo y transferir a terceros –por razones económicas- lo que era pura manufactura. Pero la realidad ha demostrado que ésta estrategia, lleva, primero a perder la capacidad de producción – y los puestos de trabajo correspondientes-, y a medio plazo también a transferir la capacidad de diseño y de desarrollo y de integración. Pero es que además es que los efectos sobre la balanza de pagos son muy negativos, ¿Cuánto diseño hay que exportar para equilibrar la compra masiva de productos manufacturados por otros?

### 3.5 LAS TENDENCIAS EN TECNOLOGIA

Una base industrial productiva avanzada, dirigida a la fabricación de productos complejos y de alto valor añadido (HCHVM) tendrá que depender forzosamente de los avances en una serie

de tecnologías troncales que transformarán el mercado: nanotecnología, fotónica, micro y nanoelectrónica, biotecnología, materiales avanzados y nuevas tecnologías de producción.<sup>12</sup>

Con independencia de las anteriores, existen una serie de tecnologías “soft”, tales como la Ingeniería de Sistemas, simulación virtual, simulación híbrida con “hardware in the loop” inteligencia sintética, etc. que también resultarán esenciales para mantener la ventaja competitiva en muchos sectores productivos. En efecto, probablemente lo que afecte más directamente a todo el tejido industrial sea el efecto combinado de inteligencia artificial, robótica, nanotecnología, nuevos materiales e impresión 3D.

Entre todas las tecnologías, se han seleccionado un grupo de aquellas que a la vista de la ingente literatura disponible se consideran imprescindibles para mantener la ventaja competitiva en un amplio espectro de actividades industriales.

### 3.5.1 Nanotecnología. Tendencias en la tecnología de microprocesadores

El desarrollo de la tecnología actual de los microprocesadores, y las tecnologías de sustitución que puedan surgir para mantener el crecimiento exponencial de la capacidad de proceso disponible<sup>13</sup> en términos de precio y peso y consumo de energía, son la verdadera base en la que sustenta la expansión de la revolución digital.

Pocas tecnologías son tan críticas para el desarrollo tecnológico en general, y para mantener el momento del avance de la revolución digital y de su efecto tractor en la industria como las relacionadas con la manufactura de microprocesadores.

Los circuitos integrados de hoy siguen estando basados en la tecnología del silicio. Esta tecnología ha sido capaz hasta el momento de duplicar el número de transistores por chip cada 2 años (Ley de Moore).

La combinación del crecimiento exponencial de capacidad de proceso, conectividad y el Internet de la siguiente generación es lo que va a permitir el establecimiento de verdaderos **espacios integrados de creación de valor.**

Resulta intuitivo que ningún sistema físico puede proporcionar mejora de prestaciones a una tasa exponencial indefinidamente, así que aunque, por el momento podamos seguir una estrategia de “more Moore” resulta urgente preparar una estrategia de “beyond Moore”

### 3.5.2 Tendencias en Materiales Avanzados

Mantener la competitividad en la nueva economía dependerá esencialmente de la capacidad de desarrollar y comercializar nuevos materiales, acortando los ciclos de maduración tecnológica necesaria para incorporarlos en nuevos productos.

---

<sup>12</sup>

<sup>13</sup> Ley de Moore

La guerra fría y la carrera espacial han sido etapas que contribuyeron en gran medida al desarrollo de toda una generación de nuevos materiales que se han ido incorporando paulatinamente al mercado. El desarrollo exponencial de numerosas tecnologías troncales (key enabling technologies) traerá la aparición de una nueva generación de materiales que impulsarán sectores como el de automoción, aeronáutico, médico, energía etc.

Imposible ni siquiera someramente indicar un mapa de donde y cuando surgirán, pero si se puede inferir que mantener la ventaja competitiva en diferentes sectores tecnológicos y productivos en el mercado global, requerirá de una iniciativa a nivel europeo para el desarrollo coordinado de la nueva generación. Por ejemplo por citar únicamente un área de interés, la sustitución de minerales críticos y tierras raras es un tema estratégico para el futuro industrial de la EU y en particular de su sector manufacturero. Sin toda una serie de nuevos materiales se hará muy difícil alcanzar los objetivos establecidos en Europe 2020.

El ciclo de maduración tecnológica de nuevos materiales es extremadamente larga, paradigmático es el caso de las baterías de litio – sin cuya tecnología serían imposibles los avances que ha experimentado la electrónica comercial- cuya base científica nació en los años 70, pero su comercialización masiva no se produjo hasta los 90.

Responder a las exigencias de los nuevos mercados requerirá el acortar significativamente el tiempo requerido para el desarrollo de nuevos materiales y para la puesta a punto de sus procesos de manufacturación.

La EU requiere urgentemente establecer una “**Materials Genome Initiative**” similar a la que se está impulsando en USA, capaz de acortar el ciclo a unos cinco años. Para esto se requiere la puesta a punto de una nueva infraestructura de innovación mediante la integración de herramientas para la experimentación, simulación y diseño, y los centros capaces de desarrollar los procesos de manufacturación.

### 3.5.3 Tendencias en Biología Sintética

El campo de la biología sintética aplicada a la manufacturación se encuentra en un estado inicial que podría ser comparable al de los inicios de la aplicación del transistor, sin embargo, es de esperar que los avances que se produzcan en este sector tengan consecuencias impredecibles sobre el tejido productivo.

Iniciativas como “**Living Foundries**” lanzada por el DARPA suponen un serio impulso para crear una metodología de ingeniería de sistemas aplicada al mundo de la biología, que permita establecer procesos predecibles de manufacturación de productos biológicos a escala industrial.

Algunos estados miembros de la EU han establecido estrategias en este campo<sup>14</sup>, sin embargo es necesaria una estrategia comunitaria que permita a la EU tener el liderazgo en este sector.

---

<sup>14</sup> A Synthetic biology road map for the UK

### 3.5.4 Ingeniería de Sistemas

Estrechamente relacionado con el desarrollo de nuevos materiales y su aplicación al mercado, se encuentran los avances en nuevas técnicas de Ingeniería de Sistemas, avances que son difícilmente de enmarcar en lo que es tradicionalmente se consideraba la gestión técnica de un proyecto.

El extraordinario desarrollo de herramientas informáticas, está permitiendo el nacimiento de una nueva metodología “**Integrated Computational Material Engineering**” (ICME), que integra en un único proceso la caracterización técnica de los materiales, con el análisis de sus prestaciones en aplicaciones específicas y la simulación de los procesos de manufactura, conectando en un continuo las características de un material el diseño del producto y su manufacturación.

Algunos miembros de la EU, están realizando importantes esfuerzos en este campo, sin embargo la Comisión debería establecer una estrategia conjunta para mantener el liderazgo en **ICME**.

### 3.5.5 Tecnologías de Producción por Impresión 3D

Lo que se ha llamado genéricamente impresión en 3D, aunque en sus estados iniciales de maduración, se presenta como una tecnología— o mejor dicho como una serie de tecnologías<sup>15</sup>— que pueden revolucionar el ecosistema productivo.

La impresión 3D representa el paradigma de la producción sin intermediarios, distribuida, que teóricamente puede poner al alcance de casi de cualquier usuario el proceso completo productivo, desde el diseño y desarrollo en el mundo virtual a la materialización de un objeto en el mundo físico.

A medida que maduren estas tecnologías, la previsible tendencia del mercado será similar a la que en su día han seguido otras tecnologías: una rama evolutiva para el consumo general que reducirá precios a medida que se desarrolle el mercado, y otra industrial que evolucionara en la dirección de poder reproducir piezas más complejas, de mayor tamaño, con tolerancias de precisión.

La EU debe conseguir y mantener el liderazgo en el máximo número de tecnologías de impresión 3D.

## 3.6 UN ENTORNO FAVORABLE

Un factor que deben de tener en cuenta lo gestores públicos y los líderes políticos es que, la base industrial de la Tercera Revolución Industrial, requerirá necesariamente que apoyarse en

---

<sup>15</sup> Stereolithography; Fuel Depòsit Modeling (FDM); Powder Bed laser Sintering, Inkjet Deposition; Ultrasonic Consolidation

un tejido de empresas PYME, cuyo tamaño no les permitirá acometer individualmente el esfuerzo de convertir los resultados de la I+D en soluciones industriales competitivas ni afrontar las nuevas infraestructuras requeridas. Corresponde a la administración pública impulsar o crear un entramado de centros similares a los **Manufacturing Technology Centers**, en los que las empresas pequeñas y medianas, con un riesgo aceptable, puedan acudir para desarrollar y demostrar soluciones y procesos industriales que sean aplicables al mundo industrial.

La UE necesita una fuerza laboral preparada para competir en el marco de la nueva revolución industrial; cuadros educados en gestionar complejos procesos, en un escenario de cadenas de valor distribuidas que requerirán nuevas capacidades de integración, y gestores públicos que entiendan la complejidad del escenario y que sean capaces de crear el ambiente que favorezca un tejido industrial viable y competitivo.

En cuanto a la fuerza laboral, todo indica que una posible solución es, por una parte, **recuperar el prestigio de las enseñanzas científicas y técnicas** en todos los niveles educativos y por la otra retornar la formación en **centros profesionales específicos** por sectores industriales, por unidades de producción e incluso por procesos. Los avances en tecnologías digitales permitirán el adiestramiento en entornos virtuales que representen los reales con excelente precisión.

Otra consideración a tener en cuenta es que la fuerza laboral del futuro, en cada vez más procesos, tendrá que **interactuar y colaborar con robots dotados de AI**, diseñados para operar en ambientes no predefinidos.

La gestión de procesos e integración de productos complejos va a requerir una formación formal de todos los gestores en **Ingeniería de Sistemas**.

**Si queremos una base industrial capaz de competir en la nueva Revolución Industrial, el sistema educativo debe orientarse a este fin.**

**BEAT TO QUARTERS!**

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. EL MANIFIESTO. BEAT TO QUARTERS

Nos encaminamos hacia un mundo más multipolar, en el que el centro de gravedad económico e incluso tecnológico tiende a desplazarse hacia la costa asiática del Pacífico. Surgen nuevas potencias comerciales, industriales y tecnológicas y cada vez es mayor el número de competidores, un mundo en definitiva más plano, más reducido y mucho más interconectado con una distribución diferente del sector productivo.

La tecnología en general y específicamente la digitalización impulsarán el comercio internacional hacia mayores niveles de globalización e independencia.

Las cadenas de suministro inevitablemente se seguirán globalizando y serán cada vez más interrelacionadas y como consecuencia, el ecosistema productivo será cada vez más global. Por lo tanto, competir en un mundo global requiere **soluciones globales y holística**

El desarrollo simultáneo de la conectividad global, la automatización incluyendo el desarrollo sin precedentes de inteligencia sintética, los avances en robótica, la aparición de nuevos materiales y tecnologías de impresión 3D van a revolucionar el tejido industrial de la producción. La competición por el dominio de los mercados, se va a librar en estos espacios integrados de creación de valor.

Resultaría arriesgado y hasta cierto punto inútil tratar de predecir que nuevos productos y que nuevos procesos surgirán a medio y largo plazo sin embargo estas recomendaciones sintetizan el contenido del **Manifiesto**.

- La Comisión Europea reconoce que los profundos cambios tecnológicos, económicos, el nuevo paradigma energético y los efectos de la crisis financiera están impulsando, lo que se denomina la propia Comisión la **Tercera Revolución Industrial**. La estabilidad, seguridad y nivel de vida de la UE va a depender de la capacidad de adaptación a esta nueva era.
- Hoy existe un creciente amplio consenso que en este nuevo escenario no se puede salir de la crisis, mantener una posición competitiva y crear empleo de calidad sin una base industrial competitiva, tecnológicamente avanzada, sostenible y viable
- Por lo tanto, es absolutamente vital para la EU transformar el sector manufacturero como elemento central de crecimiento sostenible, de creación de empleo estable de calidad y motor de la innovación.
- La revolución tecnológica que estamos viviendo recomienda revisar la propia definición del término “manufactura” ampliando los límites de su significado tradicional a otro más amplio que abarque la biotecnología y la concurrencia del mundo mecánico, electrónico, software y biológico.

- Los avances exponenciales en tecnologías digitales permitirán adoptar una visión holística al concepto de manufactura que integre horizontalmente y verticalmente los distintos eslabones de la cadena de valor; **El espacio integrado de producción como parte del espacio integrado de creación de valor**
- Competir en la Tercera Revolución Industrial exigirá que la EU oriente prioritariamente la producción hacia productos complejos de alto valor añadido. **High Complexity, High Value Manufacturing (HCHVM)**.
- La EU necesita actualizar y potenciar la infraestructura cibernética que soporte la amplia digitalización, conectividad, robotización y automatización de la base industrial que favorezca el establecimiento de **espacios integrados globales de creación de valor**. Con independencia de los otros beneficios económicos y sociales que acarree una moderna infraestructura cibernética, el nuevo tejido productivo debe nuclearse sobre una red internet – **Next Generation Access Network**- de gran ancho de banda y cobertura global para toda la EU<sup>1</sup>. En la Tercera Revolución Industrial la infraestructura cibernética jugará el mismo papel dinamizador que jugó el ferrocarril en la primera revolución.
- Estimular la innovación y la inclusión de nuevas tecnologías en toda la cadena de valor, especialmente orientada a la producción<sup>16</sup>. Las tecnologías críticas troncales (**KETS**), serán el fundamento de la nueva base industrial intensiva en conocimiento. La Comisión Europea ya ha identificado las tecnologías troncales en la comunicación COM(2009) 512/3 y las medidas necesarias para su impulso.
- Como medidas específicas se recomienda:
  - a. Impulsar y retener la tecnología de manufactura de microprocesadores y preparar una estrategia para afrontar el posible escenario de “ **beyond Moore**”
  - b. Lanzar una iniciativa “**Bio Foundries**” similar a la de DARPA – living foundries- que permita definir un marco de ingeniería de sistemas para la manufactura de productos biológicos a escala industrial.
  - c. Impulsar el desarrollo de nuevos materiales. La EU necesita patrocinar una iniciativa “**Material Genome Initiative**” que incorpore nuevos materiales al tejido productivo en ciclos de maduración tecnológica más cortos.
  - d. Desarrollar e implementar nueva metodología de ingeniería de sistemas. La EU necesita mantener el liderazgo en procesos como “**Integrated Computational Material Engineering**” que permitan integrar, diseño, características de nuevos materiales, métodos de producción y simulación virtual de los resultados.

---

<sup>16</sup> COM(2009)512/3 “Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU”

- e. Desarrollar el mercado de tecnologías de impresión 3D y mantener el liderazgo en el mayor número de ellas.
  - f. La robotización del espacio integrado de producción es una prioridad tecnológica, los robots están llamados a ser el puente entre las tecnologías digitales y el mundo real de la factoría, resulta urgente estimular una base industrial europea en este sector.
- 
- La política energética jugara un papel fundamental en configurar la base industrial y su competitividad en el mercado internacional. La EU necesita una estrategia global que integre las diferentes iniciativas en marcha sobre los distintos aspectos relacionados con la transición hacia un nuevo paradigma energético sostenible.
  - Integrar la base de generación de conocimiento con la base industrial. Debe de prestarse atención a iniciativas similares a los **Manufacturing Technology Centers** facilitan a empresas PYME la incorporación a sus procesos productivos de soluciones innovadoras.
  - Educación y formación acorde al nuevo modelo productivo. La competitividad de la base industrial en la nueva economía requerirá una fuerza laboral educada y adiestrada para que este dotada de las competencias profesionales requeridas y consecuentemente **Restructuring the Education System**, debe ser el impulso y la **estrategia** para anticiparse a las necesidades de la Tercera Revolución Industrial.
  - Vías de financiación y medidas fiscales que permitan el desarrollo del nuevo tejido industrial necesario para competir en la Tercera Revolución Industrial y los canales para transferir el conocimiento al mercado. Es prioritario gestionar la iniciativa **Horizon 2020**, con este objetivo.
  - Establecer y regular un entorno jurídico seguro y predecible. Para impulsar la innovación tecnológica en el sector productivo, resulta vital para la EU establecer un **Unified Patent Litigation System**, que simplifique y abarate (IPR) los tramites de registro y proteja la propiedad intelectual de las compañías que invierten en R&D.
  - Será necesario establecer un equilibrio entre la legítima protección de la IPR de las empresas e instituciones y la aparición de las tecnologías transformadoras (disruptive technologies) que – como la impresión 3D van poner a prueba conceptos establecidos de propiedad intelectual.
  - La legislación de la EU debe adaptarse para permitir nuevos modelos de negocio que exige competir en un mercado global.

**CONSIDERACIONES FINALES**

### 5. UNA CONSIDERACION FINAL

Aunque, no es la intención de este manifiesto abordar aspectos particulares del sector industrial productivo, no puede ignorarse el hecho de que si la EU aspira a una defensa propia independiente creíble y tecnológicamente avanzada, necesita una base tecnológica industrial de la defensa.

La industria de la defensa es un sector tractor tanto en innovaciones tecnológicas como en mantener una infraestructura de RD avanzada de la que a su vez puede beneficiarse el resto de la comunidad industrial.

Cuando se está redactando este documento, la Comisión Europea está preparando una comunicación en este sentido.

Cabría añadir un punto más al manifiesto:

- La UE debería crear una agencia similar al DARPA de los EEUU que estimule la innovación en tecnologías de doble uso.

---

<sup>i</sup> La COM(210)245 final establece los objetivos para la infraestructura cibernética.