



INFORME

MAPA DE LA
MICROTECNOLOGÍA
EN ASTURIAS

INFORME

MAPA DE LA MICROTECNOLOGÍA EN ASTURIAS



Elaborado por: Fundación Prodintec

Edita: Instituto de Desarrollo Económico
del Principado de Asturias IDEPA

Elaboración de contenidos financiados por la Unión Europea,
Programa Interreg III C. Proyecto ESTIIC.

Diseño: Dúo Comunicación
Imprime: Gráficas Rigel
Depósito legal: AS-7506/08

PRESENTACIÓN

En el año 2008 se dio por finalizado el proyecto Interreg IIC, *ESTIIC, Fomento del uso de la tecnología, la innovación y la sociedad de la información a favor de la competitividad*, con el que se impulsó la creación de un espacio general de cooperación entre cuatro regiones europeas, Asturias, Cantabria, SurEste de Irlanda y Renania del Norte-Westfalia.

En este espacio de cooperación se desarrolló el subproyecto *Difusión e información sobre la aplicación industrial de las nanotecnologías para I+D+i de productos y procesos en las Pymes (NANO-SME)* cuyo principal objetivo era promover el uso y la aplicación de las nanotecnologías entre las PYMES, y en el que por parte de Asturias participaron la Fundación ITMA, el Instituto Nacional del Carbón (CSIC-INCAR) y la Universidad de Oviedo. En nuestra región, NANO-SME aunó los esfuerzos de los grupos científicos y tecnológicos locales y promovió la elaboración de la publicación «Aplicaciones industriales de la nanotecnología» que pretendía dar una visión global de las perspectivas que la nanotecnología puede abrir al sector industrial. Además, puso de manifiesto las potentísimas oportunidades de innovación que sigue manteniendo la microtecnología.

Para reforzar los resultados del subproyecto NANO-SME, desde el IDEPA se decidió abordar una nueva actividad, tomando como modelo el Atlas Micro/Nano de Europa, de la asociación de investigación alemana IVAM, en el que se describen los perfiles de los 8 mayores clusters europeos de pequeñas y medianas empresas vinculadas a la microtecnología, la nanotecnología y los materiales avanzados.

Con este objetivo se estableció un programa de trabajo para extraer toda la información posible sobre la actividad regional en nano y microtecnología, y elaborar con ella dos informes sobre el estado en la región, uno de la nanotecnología y otro de la microtecnología.

Esta publicación presenta el **Mapa de la Microtecnología en Asturias**, contratado por el IDEPA a la Fundación Prodicntec, que resume la actividad y el interés en esta disciplina de más de una treintena de organizaciones, entre empresas y grupos de investigación, que accedieron a colaborar en la realización de este estudio.

Su estructura facilita la comparación de la realidad asturiana con la de las 8 regiones presentadas en el Atlas Europeo de Micro y Nano tecnologías, y complementa el estudio de situación con un análisis DAFO, donde se indican las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades a que se enfrentan las microtecnologías en Asturias.

Este trabajo ha encontrado continuidad en un nuevo proyecto europeo, Nanotechnology for Market, Nano4M, aprobado en la primera convocatoria de Interreg IV C, en el que, considerando el potencial de innovación tecnológica que ofrecen las nano y micro tecnologías, identificando a los centros de investigación y tecnológicos como fuentes de innovación empresarial y ubicando oferta y mercado en un escenario europeo, se analizarán fórmulas para la mejora del rendimiento de los resultados de la investigación en el mercado.

Víctor M. González Marroquín
DIRECTOR GENERAL DEL IDEPA

ÍNDICE

	PRESENTACIÓN	3
<i>Uno</i>	ALCANCE DE ESTE INFORME	7
<i>Dos</i>	INTRODUCCIÓN GENERAL A LA MICRO-TECNOLOGÍA	10
<i>Tres</i>	DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MICRO-TECNOLOGÍA	14
<i>Tres punto Uno</i>	DEFINICIÓN	
<i>Tres punto Dos</i>	CLASIFICACIÓN DE MICRO-TECNOLOGÍAS	
<i>Tres punto Tres</i>	TECNOLOGÍAS DE MICRO-FABRICACIÓN	
<i>Cuatro</i>	SECTORES INDUSTRIALES DE APLICACIÓN DE LAS MICRO-TECNOLOGÍAS	22
<i>Cinco</i>	EMPRESA MICRO-TECNOLÓGICA, CENTROS TECNOLÓGICOS Y UNIVERSIDAD	28
<i>Seis</i>	IDENTIFICACIÓN DE CENTROS TECNOLÓGICOS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN	30
<i>Siete</i>	RESULTADO DE LOS CENTROS TECNOLÓGICOS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN	32
<i>Ocho</i>	IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE EMPRESAS	35
<i>Nueve</i>	ANÁLISIS DAFO	38
<i>Diez</i>	BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES DE INTERÉS	57
<i>Once</i>	ANEXOS	59

Uno

ALCANCE DEL PRESENTE INFORME

El presente informe tiene por objeto establecer la situación actual de las Microtecnologías dentro de Asturias tanto de la comunidad científica (Universidad, Centros de Investigación, Centros Tecnológicos,...) como del tejido empresarial, comparando su situación con otras regiones a nivel nacional e internacional.

De acuerdo a estudios preliminares (ver, por ejemplo, «La nanotecnología en España», Madri+d, 2005) la actividad relacionada con las microtecnologías en Asturias está muy retrasada con respecto al resto del territorio español, limitándose ésta fundamentalmente a dos centros públicos: la Universidad de Oviedo y el Instituto Nacional del Carbón (INCAR-CSIC). A nivel industrial, la situación es más preocupante, ya que estos estudios no identifican empresas asturianas con dedicación a las microtecnologías, ni a nivel de I+D+i, ni a nivel de negocio. El presente estudio pretende no sólo profundizar en la realidad de esta región a fecha actual, a nivel de actividad científica e industrial, sino también descubrir potenciales aplicaciones futuras de interés en estas disciplinas, tanto desde el punto de vista de la oferta tecnológica existente, como de potenciales demandas de aplicación industrial.

El estudio presenta una visión del estado de las Microtecnologías en el tejido industrial asturiano, indicando el estado actual de desarrollo de este tipo de tecnologías en Asturias, así como el grado de implicación e innovación en las empresas industriales y Centros de Investigación (Universidad y Centros Tecnológicos).

La metodología seguida para la realización del presente estudio ha sido la siguiente:

→ **Búsqueda de fuentes de información referentes a nivel nacional e internacional sobre las micro-tecnologías.**
Entre ellas cabe destacar el «*Atlas IVAM Micro/Nano de Europa*» donde se indican los principales Clusters a nivel europeo en temas de Micro- y Nanofabricación, sus campos de aplicación y especialización, así como los principales sectores a los que se dirige. De dicho informe se recoge que en Europa existen en determinados países una tendencia clara a potenciar y trabajar desde la Investigación y aplicación real de estas tecnologías, existiendo ya un entramado de empresas y Centros de Investigación muy fuerte, que incluso llega a estructurarse en

forma de Clusters para potenciar su competitividad. Indicar que dicho informe no refleja la presencia de un Cluster a nivel nacional lo que indica la poca y difuminada presencia de estas tecnologías en nuestro país.

Otra fuente imprescindible para la recogida de información y que refleja la opinión de los principales expertos en temas de Micro y Nanofabricación es la **Agenda Estratégica de Investigación (SRA)**, publicada en enero de 2008 y realizada por la **Plataforma Europea de Micro y Nanofabricación (MINAM)**. Dicha Agenda presenta el estado actual de estas tecnologías en cuanto a sus procesos de fabricación, indicando la evolución de los mercados, campos y sectores de aplicación, tecnologías de micro y nanofabricación y aplicaciones potenciales a desarrollar. Al final del presente informe se indican asimismo el resto de fuentes de información que se han ido utilizando para su elaboración.

→ **Definir y clasificar las micro tecnologías emergentes en la industria actual y sus sectores de aplicación.** De esta forma se pretende dar una visión concentrada de lo que se entiende por micro-tecnología, o micro-producto, ayudando a ubicar a las mismas entre el entorno macro y las nano-tecnologías, así como las distintas tecnologías que existen hoy en día. La información necesaria para realizar estas clasificaciones han sido tomadas de diferentes fuentes, destacando las ya mencionadas en el apartado anterior.

→ **Identificación de empresas y Centros de Investigación en Asturias** que estén actualmente trabajando en temas relacionados con estas tecnologías o tengan un interés importante en su aplicación futura.

→ **Parametrización de indicadores** para presentar los datos definitivos del estudio de un modo cuantitativo.

→ **Recogida de información en empresas y Centros de Investigación:** para la elaboración del informe final se han realizado visitas a las empresas y C.C.T.T. indentificados anteriormente, donde se les realizó un cuestionario tipo cuyos datos reflejan el estado actual de estas tecnologías, tanto a nivel de implantación como de potencial interés. En cada caso se concertaron las entrevistas con las personas que tienen una relación directa con este tipo de tecnologías (Responsables de producto, I+D, Producción, investigadores,...). Estas entrevistas se realizaron en aquellas empresas y Centros donde previamente se conocía su interés por las micro-tecnologías. Para el resto de empresas, donde no se conocía un interés real actual de las mismas, pero se preveía un posible interés futuro, se realizó una encuesta vía correo electrónico.

→ **Análisis estadístico de las encuestas:** se presenta de forma gráfica siguiendo la estructura descrita en el Atlas de Micro y Nanofabricación los datos recogidos durante el estudio en la región.

→ **Elaboración de análisis DAFO:** Finalmente se elaboró un análisis DAFO indicando las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades que suponen las Micro-tecnologías hoy en día en Asturias. Cabe destacar el apartado de Oportunidades dentro del mismo análisis donde se indican aquellos campos con una probabilidad alta de aplicación futura, bien por que se estén desarrollando proyectos de I+D desde el lado de la oferta tecnológica, bien por la demanda empresarial al existir aplicaciones (productos, procesos,...) en otros lugares que son de aplicables en industrias asturianas. En el presente informe se indican los principales campos de actuación que hoy en día se están desarrollando a nivel internacional, de forma que se identifiquen las principales líneas de investigación y oportunidades de negocio que las microtecnologías ofrecen hoy en día y su potencial futuro.

La Fundación Prodimtec, que presenta este informe, ha identificado desde sus inicios las microtecnologías como una línea estratégica clave a desarrollar y apostando fuertemente por ella como una de las tecnologías que pueden ayudar a aumentar la competitividad de las empresas en Asturias.

Dentro de sus actividades lleva participando durante los últimos años en plataformas nacionales e internacionales sobre microfabricación, participando en foros especializados y en proyectos europeos de investigación relacionados con el tema. Toda la información, experiencia y el conocimiento de su personal técnico han sido de gran valor para la elaboración de este informe.

Dos

INTRODUCCIÓN

GENERAL A LA

MICRO-TECNOLOGÍA

El sector de las micro-tecnologías reúne a empresas o centros donde se lleva a cabo el desarrollo, la fabricación o incorporación de estas tecnologías para su aplicación en múltiples sectores con el fin de incluirlas en procesos productivos o bienes de consumo.

Las microtecnologías son un sinónimo de **revolución tecnológica, social y sobre todo, de progreso industrial**. Su introducción en los mercados de consumo como son el de la salud, la comunicación y la electrónica, por citar algunos, permite la mejora la calidad de vida y del bienestar personal.

Por ello, según estudios de esta materia, la inversiones en este mercado potencial crecerán de tal forma que se prevé alcanzar los 20 billones de euros en el 2010.

La **Asociación de Microsistemas Europea - NEXUS**, ha analizado el mercado de microsistemas, incluyendo sistemas microelectromecánicos (MEMS), y de cuyo estudio se concluye que este tipo de sistemas, incluyendo sensores y actuadores están consolidando su posición en los mercados ya establecidos y encontrando nuevos nichos de mercados para nuevas aplicaciones, combinando las ventajas que aporta junto a bajos costes de fabricación, tamaños compactos, reducción de peso y consumo a la vez que incrementando el valor añadido de los productos (inteligencia y multifuncionalidad).

En la Tabla 1 se indican los resultados del análisis de mercado realizados por esta asociación NEXUS para los años 2004-2009 donde se indican claramente las tendencias sectoriales de las tecnologías de micro y nano y su evolución en los próximos años.

	2004 en billones de \$	2009 en billones de \$
PERIFÉRICOS TICS	8.5	13.7
ELECTRÓNICA DE CONSUMO	0.8	5.5
AUTOMOCIÓN	1.3	2.0
MEDICINA	0.6	1.5
TELECOMUNICACIONES	0.2	0.9
CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES	0.6	0.9
AEROESPACIAL, DEFENSA, SEGURIDAD	0.1	0.4
APLICACIONES DOMÓTICAS	0.1	0.2

Tabla 1: Evolución sectores micro- y nanofabricación (Fuente NEXUS market report 2004-2009).

En el Gráfico 1 se muestra el reparto por sectores de aplicación de microsistemas y el total esperado que movilizarán estas tecnologías, con un aumento del 16% anual (desde 12 billones de dólares en 2004 hasta 25 billones en 2009).

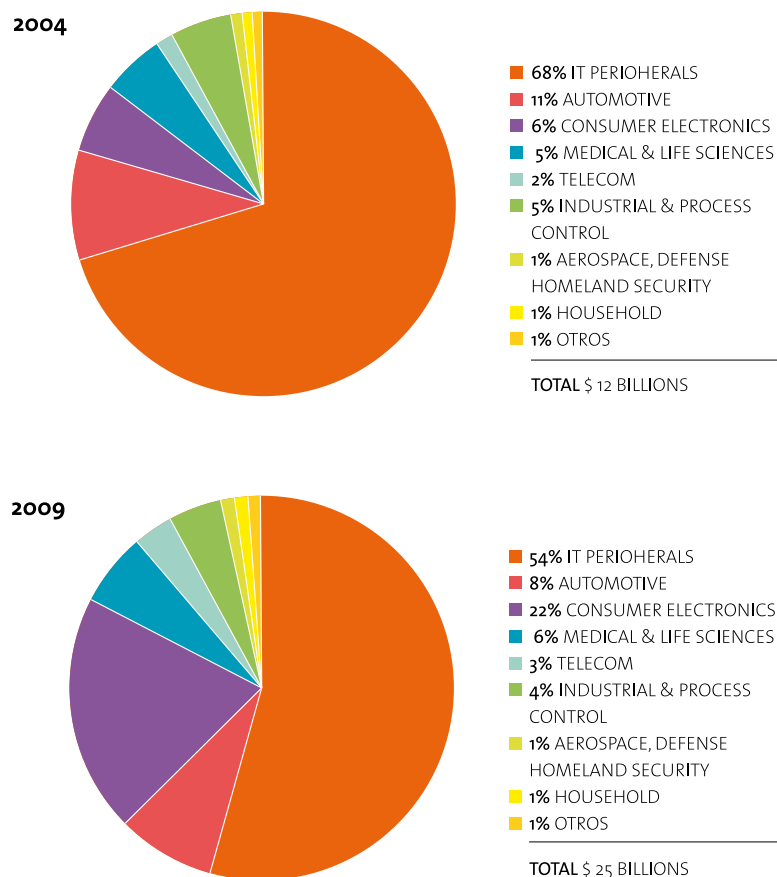


Gráfico 1: Mercado de micro-sistemas por sector (Fuente: Nexus analysis 2004-2009).

Es importante señalar que la gran importancia que tiene la fabricación en Europa (22% del PIB), sumado a la evolución que existe de salarios en países como España, hace que sea necesario apostar por la fabricación de productos de mayor complejidad tecnológica.

En este aspecto las microtecnologías ofrecen un sector muy prometedor de desarrollo de nuevos productos en los próximos años. Para el desarrollo de este tipo de productos se hace necesario cada vez más contar con *equipos multidisciplinares* (ingenieros de diseño, producción, electrónica, investigadores de salud, biotecnologías,...) que permiten mejorar las propiedades de estos productos y aunar conocimientos.

El interés que despierta este tipo de tecnologías a nivel europeo queda reflejado en la puesta en marcha de varios proyectos de investigación y coordinación para el desarrollo y difusión de las mismas. Cabe mencionar en este punto los proyectos:

→ «4M Network of Excellence Multi-Material Micro Manufacture»

→ «IPMMAN Improvement of Production Processes through Integration of Macro-, Micro-, and Nanotechnologies»

→ «Microsapient»

De cuya iniciativa conjunta resultó el lanzamiento de la *Plataforma Europea de micro y nanofabricación MINAM*. Esta estructura se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Proyectos europeos de micro- y nano-fabricación y plataforma MINAM.

El principal objetivo de dicha plataforma es facilitar a los productores y fabricantes de maquinaria europeos el establecimiento y mantenimiento del liderazgo mundial en la fabricación de productos de base tecnológica micro y nano.

Para la identificación de tendencias emergentes e indicación de directivas estratégicas para futuras líneas de proyectos de investigación y desarrollo que lleven los prototipos desarrollados en los laboratorios a productos industriales se ha desarrollado la **SRA (Agenda Estratégica de Desarrollo)** de las tecnologías de micro y nanofabricación.

Se hace necesario asimismo indicar la necesidad de integrar los procesos y productos macro-micro y nano, donde en muchos casos habrá que seguir una convergencia de tecnologías.

La aproximación «**Top-Down**» representa los desarrollos para reducir el tamaño de los detalles incluyendo mejoras de la precisión y el acabado superficial.

En el sentido contrario, según la aproximación «**Bottom-Up**», los desarrollos en nano-partículas y tecnología química permite conseguir estructuras de mayor tamaño.

Esta convergencia de tecnología, al permitir construir estructuras de orden similar, lleva al desarrollo de nuevos métodos híbridos de fabricación.

Tres

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MICRO-TECNOLOGÍA

Tres punto uno DEFINICIÓN

Existen muchas formas de definir un micro-componente, pero parece que se está estableciendo cierta generalización a definirlo como un producto perteneciente al ámbito de micro-fabricación cuando al menos una de sus características funcionales en una dimensión es del orden de las micras. Se indica a continuación la definición que recoge el Atlas/IVAM de Europa de qué se entiende por micro-tecnología.

«Micro-tecnología: Tecnología para el desarrollo o fabricación de productos en el rango de las micras y cuya funcionalidad se debe precisamente a su tamaño. Estos productos combinan varios microcomponentes para facilitar su aplicación en una función específica, en la mayoría de casos estos dispositivos incluyen componentes micro-electrónicos.»

Se hace importante remarcar la ubicación dimensional que ocupan estas tecnologías o estos productos, posicionándose entre el entorno macro actual ya conocido y las nano-tecnologías. En el siguiente gráfico (Gráfico 2) se representan las dimensiones típicas de los elementos para cada una de las tecnologías, remarcando el campo de aplicación de las micro-tecnologías.

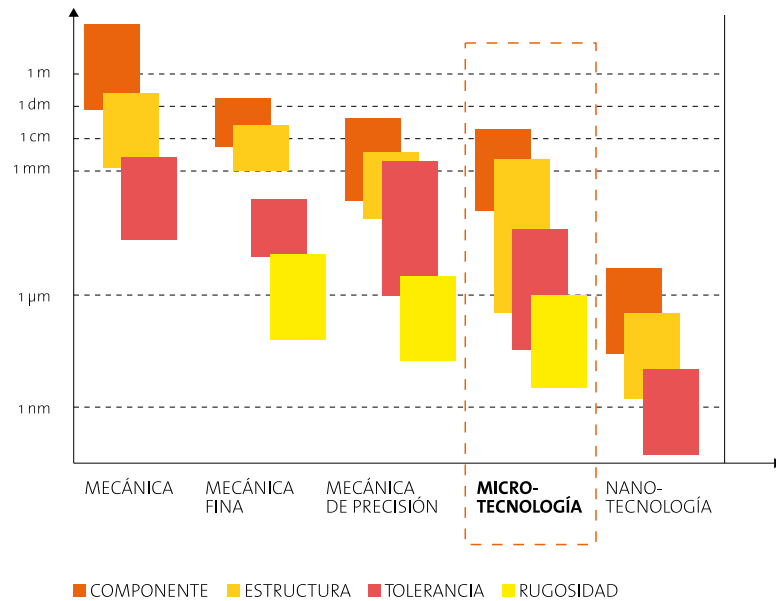


Gráfico. 2: Dimensiones típicas de la micro-tecnología.

Dentro de la categoría de microproductos se pueden incluir aquellos que incluyen tanto componentes con dimensiones globales y funcionalidades en el rango micrométrico como componentes micro-estructurados (dentro del rango de los cientos de micrómetros hasta cientos de nanómetros).

Las micro-tecnologías se definen como aquellas tecnologías que permiten obtener este tipo de productos a partir de una diversidad de materiales y procesos.

Tres punto dos CLASIFICACIÓN DE MICRO-TECNOLOGÍAS

En una clasificación general, las micro-tecnologías se pueden dividir dos categorías:

- Micro-sistemas, normalmente realizados en silicio y se emplean en diferentes áreas tecnológicas como la electrónica, mecánica, óptica, fluidica, biológica, química... etc.
- Tecnología y fabricación, donde no se emplea el silicio como material de base y se persigue la fabricación de microproductos y maquinaria de alta precisión.

En lo referente a la clasificación de las micro-tecnologías es conveniente aclarar tres términos muy utilizados MST, MEMS y MET y que no siempre se emplean de una forma correcta.

→ **MST (Micro-system technology):** Tecnologías de miniaturización de componentes basados en silicio.

→ **MEMS (Micro-electromechanical System):** Subconjunto de MST, que designa productos con componentes eléctricos y mecánicos, si bien por extensión se utiliza en bibliografía como sustitutivo de MST.

→ **MET (Micro-engineering Technologies):** Tecnologías de fabricación de productos con geometrías 3D de gran precisión en gran variedad de materiales.

Existen muchas clasificaciones de las micro-tecnologías. A continuación se muestra la que hace *Brinksmeier* estableciendo una clasificación que relaciona el origen y las tecnologías.

Esta clasificación (según *Brinksmeier*) se puede ver representada gráficamente en el esquema siguiente (Gráfico 3), donde se incluyen tanto los tipos de tecnologías, como los procesos de fabricación así como aquellos relacionados con los mismos (ensamblaje, manejo, control de calidad, metrología,...) hasta conseguir el «producto micro» deseado:

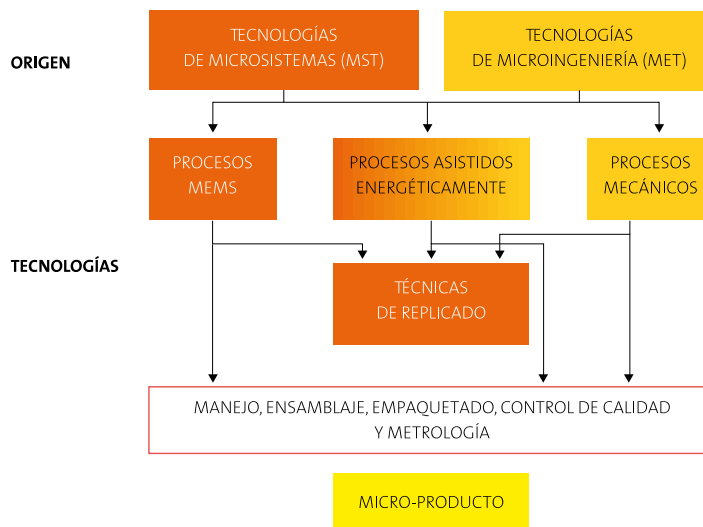


Gráfico 3: Esquema de los procesos de micro-fabricación.

De una forma general las tecnologías de micro-fabricación se pueden clasificar de la manera siguiente:

→ **Procesos MEMS:**

- Micromecanizado en volumen
- Micromecanizado superficial
- LIGA & micromoldeo

→ **Procesos asistidos energéticamente:**

- Mecanizado por haz láser
- Mecanizado por micro-electroerosión
- Mecanizado por haz de electrones / iones

→ **Procesos mecánicos:**

Micromecanizado por arranque de viruta
Micro-fresado, micro-taladrado, micro-rectificado
Micro-mecanizado con diamante

→ **Procesos aditivos:**

Fabricación directa (Rapid Manufacturing)

→ **Técnicas de replicado:**

Micro-conformado
Micro-inyección de plásticos
Estampado de precisión en caliente (hot embossing)
MIM (Metal Injection Moulding)

Algunos de estos procesos son una versión a escala de las macrotecnologías ya existentes, mientras que otros son procesos innovadores que combinan distintos efectos tanto físicos como químicos.

La adaptación de los macroprocesos ya existentes para producir microcomponentes y productos presenta una serie de dificultades y limitaciones normalmente relacionadas con la cantidad de material y la precisión.

Estas limitaciones vienen determinadas por un amplio rango de factores relacionados con las propiedades del material e incluyen su morfología, generación de la cantidad de energía requerida, compatibilidad eléctrica, electrónica y mecánica, la resolución de los equipos, efectos de escala en el mecanismo del proceso, interacciones entre el material y el proceso, el curado en los procesos aditivos y la transferencia de calor.

Tres punto tres **TECNOLOGÍAS DE MICRO-FABRICACIÓN**

Se describen a continuación brevemente los principios básicos de cada una de estas micro-tecnologías.

PROCESOS MEMS

Los *MEMS* (*Micro Electro Mechanical Systems*) son el resultado de la combinación de elementos mecánicos, sensores, actuadores y electrónicos en un mismo circuito integrado. La escala de todos los elementos es, por lo tanto, microscópica.

Los *MEMS* se pueden definir como una mejora en los procesos de fabricación que convergen en ventajas de miniaturización, uso de mínima potencia y máximo rendimiento, portabilidad, mínimo mantenimiento y fácil interconexión con sistemas múltiples.

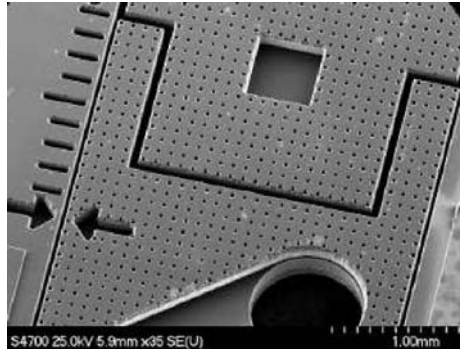


Figura 2: Sistema micro-electro-mecánico.

Los procesos de micromecanizado de silicio se dividen principalmente en dos tipos:

→ **Micro-grabado o Micro-mecanizado en volumen (Bulk micromachining):** En este proceso se elimina material de un sustrato (oblea) de silicio, a la cual se ha transferido cierto patrón utilizando fotolitografía. En esta técnica se suele utilizar un ataque húmedo aprovechando las propiedades anisotrópicas del silicio.

→ **Micro-mecanizado superficial (Surface micromachining):** Esta técnica consiste en fabricar estructuras con partes móviles, a partir de una serie repetida de pasos que consisten en depositar en la superficie de una oblea diferentes capas finas, a continuación transmitir la máscara sobre las capas depositadas (fotolitografía) y un ataque químico selectivo para eliminar las capas no estructurales o de sacrificio.

Encontramos también un proceso de fabricación de micro estructuras, que permite la utilización de otros materiales (metales, polímeros...). Este es conocido con las siglas **LIGA** acrónimo de su nomenclatura alemana (*Lithographie Galvanoformung Abformung*). En este proceso se obtienen las micro-estructuras a partir de moldes creados mediante fotolitografía de rayos X seguida de metalizado, se parte de un capa de material resistente a la luz (resina), colocada encima de un sustrato metálico

PROCESOS ASISTIDOS ENERGÉTICAMENTE

Dentro de los procesos asistidos energéticamente destacan los siguientes:

→ **Mecanizado por haz láser:** consiste en la utilización de láseres pulsados, con gran densidad de energía que posibilitan el mecanizado de las piezas (ablación, corte, soldadura, taladrado, marcado,...).

→ **Micro-electroerosión:** proceso similar al realizado industrialmente a escala macro. Las piezas se obtienen mediante fusión local del material por salto de chispas eléctricas mediante hilo o penetración.

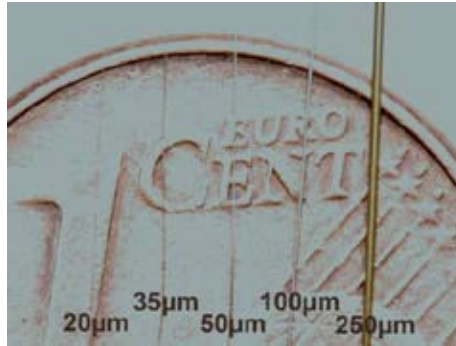


Figura 3: Diferentes hilos para micro-electro-erosión (Fuente IMTEK).

→ **Mecanizado por haz de electrones / iones:** proceso mediante el cual un haz focalizado de electrones o iones de alta energía, se modifica el material localmente llegando incluso a eliminarlo. Mediante un haz reducido se consigue gran precisión.

PROCESOS MECÁNICOS

Los procesos mecánicos de micro-fabricación corresponden a los existentes a «escala macro», aunque debido a la escala en la que se trabaja, la forma de trabajo y la problemática que se encuentra es bien distinta, por lo que se están realizando extensas labores de investigación en este campo orientadas a entender qué es lo que ocurre durante la fabricación en estos procesos a escala micrométrica. Destacan el micro-fresado, micro-taladrado y micro-torneado.

→ **Micro mecanizado por arranque de viruta:** En este tipo de procesos las herramientas están en contacto directo con la pieza y por ésta razón es posible obtener una buena correlación entre la trayectoria de mecanizado y la superficie mecanizada. Por otro lado si lo comparamos con otros métodos de fabricación empleados en microelectrónica podemos observar otras ventajas como una mayor velocidad (eliminación de procesos multi-etapa, gran variedad de materiales,...) A todo esto se le debe sumar la habilidad de fabricar formas y geometrías complejas en 2 y 3 dimensiones.



Figura 4: Máquina de micro-mecanizado (Fundación Prodimtec).

Este proceso es un claro ejemplo de adaptación a escala micro de las tecnologías y equipos de mecanizado a escala macro. Sin embargo debido a esta adaptación hay etapas y fenómenos dentro del proceso como son por ejemplo la deformación causada por el contacto directo de la pieza y la micro-herramienta y la influencia de la deformación en la precisión que aún requieren de una mayor investigación.

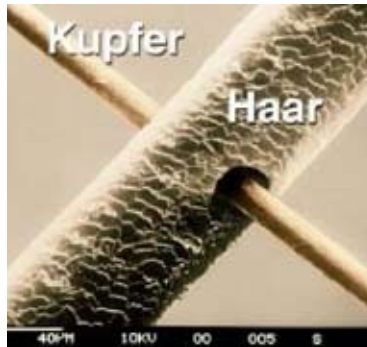


Figura 5: Micro-taladro realizado en pelo humano atravesado por hilo de cobre (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

PROCESOS ADITIVOS

→ **La Fabricación directa (Rapid Manufacturing)** es una técnica que se fundamenta por ser capaz de fabricar piezas a partir de un fichero CAD 3D. Hoy en día ya es posible fabricar micro-piezas en polímeros y MEM por fabricación directa. Esta tecnología patentada es utilizada ya desde el año 1996 por la empresa alemana *Micro TEC* y se denomina *RMPD® (Rapid Micro Product Development)*.

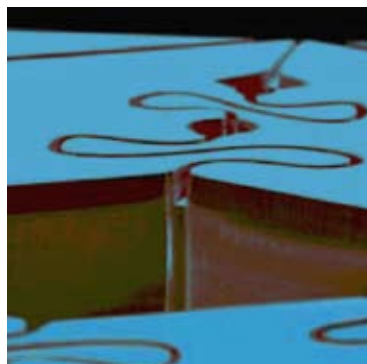


Figura 6: Detalle de micro canales (Fuente Micro TEC).

TÉCNICAS DE REPLICADO

Dentro de las técnicas de replicado caben destacar las siguientes:

→ **Micro-conformado:** consiste en la obtención de micro piezas generalmente metálicas para grandes series. Procesos similares a los existentes en «escala macro» (micro-embutición, micro-extrusión,...).

→ **Micro-inyección de plástico:** fabricación de piezas micrométricas mediante la inyección de un material polimérico.

→ **Estampado de precisión en caliente (hot embossing):** estampado de piezas micrométricas a temperatura y presión controladas.

→ **MIM (Metal Injection Moulding):** proceso que conjuga las ventajas en relación a la libertad en el diseño de la inyección y la obtención de características mecánicas del sinterizado. Se parte de material en polvo metálico y termoplástico, el cual se inyecta, para posteriormente realizar un desbanderizado y un sinterizado para la obtención de la pieza final. Se consiguen geometrías complejas.

Cuatro SECTORES INDUSTRIALES DE APLICACIÓN DE LAS MICRO- TECNOLOGÍAS

Los sectores de aplicación de las microtecnologías son muy variados y prácticamente su presencia es global en todos y cada uno de los posibles ámbitos de aplicación de las mismas.

SECTORES INDUSTRIALES
BIOMEDICINA
LOGÍSTICA Y CONTROL
AUTOMÓVIL Y TRANSPORTE
ENERGÉTICO
DEFENSA Y AEROESPACIAL
TIC'S
TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN
AGROALIMENTARIO
MEDIO AMBIENTE
BIENES DE CONSUMO
INDUSTRIA CLÍNICA Y FARMACÉUTICA
INDUSTRIA DE SEMICONDUCTORES
INDUSTRIA ELECTRÓNICA

Tabla 2: Sectores industriales de aplicación de las micro-tecnologías.

Las principales aplicaciones actuales de las microtecnologías hacen referencia al desarrollo e incorporación de microsistemas en los productos desarrollados para sectores tan diversos como el de la automoción, las tecnologías de la información y comunicación (TICs), salud y biotecnología, instrumentación o domótica,...

Los catéteres e instrumental quirúrgico, los conectores de fibra óptica (*V-grooves*), los sensores, los instrumentos científicos de medición o las aplicaciones ópticas son sólo algunos ejemplos de aplicación de una tecnología que tiene aún mucho terreno por descubrir. Además, parte de sus aplicaciones futuras vienen ligadas en cierto sentido a la evolución de la nanociencia. Esto es así porque la fabricación a escala nanométrica, debido a sus altos costes, se complementará con la microfabricación, más asequible para la industria.

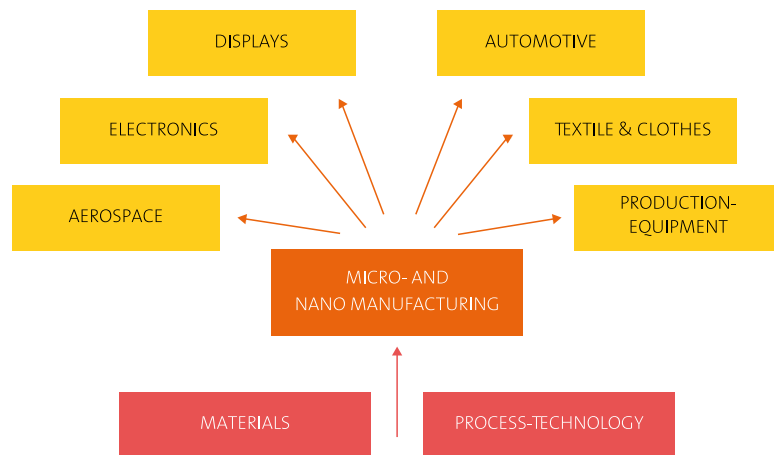


Figura 7: Sectores de aplicación de las micro y nanotecnologías (Fuente SRA MINAM).

De entre los sectores donde la futura introducción del «mundo micro» tendrá más impacto se destacan:

➔ **Biomedicina:**

El uso de las microtecnologías en este sector es ya una realidad siendo habitual en aplicaciones como los marcapasos o los audífonos. A pesar de ello, las tendencias vienen determinadas por su uso en nuevas aplicaciones como los sistemas de diagnóstico automáticos y sistemas de análisis, monitorización y control del paciente, administradores automáticos de medicamentos, órganos artificiales, cirugía mínimamente invasiva, etc.

Asimismo se está investigando en tecnologías de microtexturización de superficies (bien por micromecanizado o láser) para la optimización de las superficies de contacto en implantes médicos con el objeto de reducir la fricción a la que se encuentran sometidos los cuerpos en contacto.

En este sector las aplicaciones son muy numerosas y muy variadas. En este sentido las aplicaciones pasan desde sistemas implantables como marcapasos, audífonos, texturas en prótesis a sistemas de diagnóstico como sensores de presión sanguínea, sensores de glucosa o incluso cirugía no invasiva como las conocidas endoscopias.



Figura 8: Implantes dentales (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

→ **Logística y control:**

En este sector los avances de las micro-tecnologías está ligado a otras como son la identificación por radio frecuencia (RFID) En este sentido, la identificación, gestión de mercancías, trazabilidad y pago en grandes superficies será posible mediante la incorporación a los productos de etiquetas inteligentes. La miniaturización progresiva de estas micro-etiquetas identificadoras (tags), el aumento de sus prestaciones, la reducción de coste y la mejora en las antenas de emisión/detección permitirá la gestión de flotas, mercancías, equipajes y viajeros.

→ **Automóvil y transporte:**

Este sector ya emplea la miniaturización tanto de los sistemas mecánicos como electrónicos. Sin embargo el empleo de las microtecnología puede contribuir además en asegurar mayor calidad, seguridad y confort y respeto por el medio ambiente.

También en este campo se trabaja en la mejora de las propiedades tribológicas de las superficies de contacto entre sistemas en movimiento con el objeto de mejorar la durabilidad de los productos.

Asimismo se están comenzando a introducir paulatinamente los LEDs en los sistemas de iluminación de los vehículos como alternativa con una alta eficiencia energética.

La integración cada vez mayor de sensores y actuadores en los vehículos supondrán una mejora considerable en aspectos relacionados con la calidad y la seguridad en la conducción.

Por otro lado, en un automóvil hay entre 20 y 100 sensores instalados: acelerómetros (airbag), sensores de precisión (recirculación de gas), giróscopos (navegación), sensores de nivel de luz (encendido automático de luces), sensores de parking (prevención de colisiones), etc. Todos ellos son componentes micro-fabricados. Además de estos existen otros muchos casos de aplicación como por ejemplo la válvula con micro-orificios para sistemas de inyección.

→ **Energético:**

En este sector las micro-tecnologías permitirán la generalización del uso de la telemetría a la lectura del consumo de energía a escala de usuario/vivienda (para históricos, cortes, picos de tensión,...).

Por otro lado se generalizará también el uso de pilas de combustible en el automóvil y el hogar que incorporarán microsistemas para el control de los distintos parámetros que influyen en su funcionamiento.

Debido al incremento en el uso del gas natural, se incorporarán por razones de seguridad, sensores de mayor fiabilidad así como sistemas para medir caudales, composición y calidad del gas.

→ **Defensa y aeroespacial:**

Este es otro de los sectores donde la micro-tecnología ya se ha introducido. Sin embargo en un futuro no muy lejano la aplicación de las micro-tecnologías permitirá el aumento de la seguridad, fiabilidad y disminución de costes de mantenimiento de los aparatos, la adecuación para trabajar en condiciones extremas y la reducción del tamaño de los dispositivos.

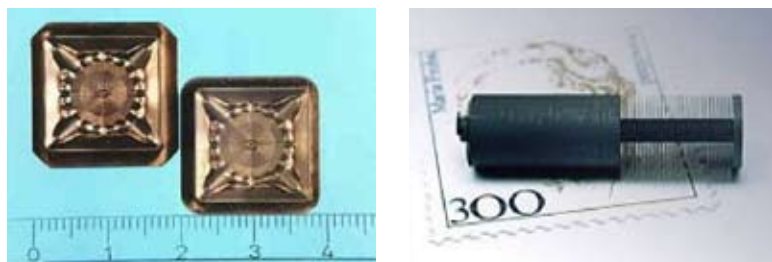
→ **Tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs):**

Los sistemas miniaturizados, el aumento de las capacidades de almacenamiento, velocidad de acceso a la información y la transferencia de datos juegan un papel muy importante en el crecimiento del sector. Todas estas características están en constante evolución y ésta depende en gran medida del tamaño de los componentes, gracias a las microtecnologías esta evolución se hace posible.

→ **Tecnologías de fabricación:**

Es evidente que la microfabricación es una revolución en todas las tecnologías de fabricación. Ejemplos de esto son la fabricación de electrodos necesarios durante la fabricación de moldes y matrices para técnicas de replicación como microinyección, micro-deformación, fabricación de electrodos,...

En las siguientes figuras se muestran dos imágenes de la capacidad de fabricación existentes.



Figuras 9 y 10: Electrodos (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

→ **Agroalimentario:**

Este sector será uno de los más beneficiados con su uso mediante el desarrollo de nuevos sistemas (etiquetas inteligentes y micro-sensores en los envases,...) que permitirán la trazabilidad y el control de los productos con el objetivo final de aumentar la calidad y seguridad alimentaria (monitorización on-line del estado de los alimentos: cadena de frío, caducidad, contaminación bacteriana,...).

➔ **Medio ambiente:**

En este campo tendrán gran importancia los sensores y los micro-actuadores que permitan determinar parámetros climáticos y detectar sustancias nocivas. La incorporación de estos microsistemas en los aparatos de control permitirá realizar controles más exhaustivos de los procesos industriales para disminuir la emisión de vertidos y conseguir una mayor reutilización de éstos. Asimismo el desarrollo e integración de microsistemas para el control y actuación permitirá la creación de estaciones medioambientales inteligentes y autónomas.

➔ **Bienes de consumo:**

Los bienes de consumo también son objeto de aplicación de las micro-tecnologías como por ejemplo en sectores tan variados como la relojería, ocio, joyería,...

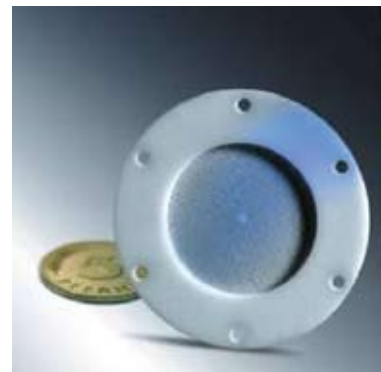
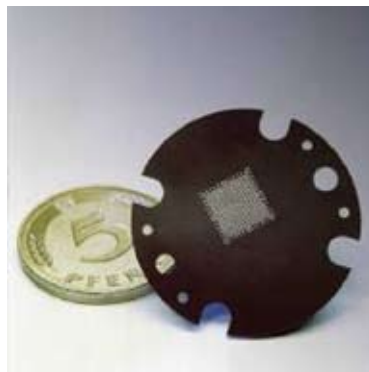
➔ **Industria clínica y farmacéutica:**

También existen aplicaciones en el ámbito farmacéutico como sistemas de suministro de medicina inteligente, aplicaciones biotécnicas como el *lab-on-a-chip*, tecnologías genéticas, ingeniería de tejidos para órganos, pieles bio-artificiales,...

Un ejemplo de ello son los microchips de electroforesis capilar. Estos son actualmente una realidad que está evolucionando rápidamente para satisfacer las necesidades de la sociedad actual. Así, la consecución de microchips de electroforesis capilar con un sistema de detección totalmente miniaturizado e integrado en dichos dispositivos es de gran importancia para acercarse al concepto real de un microsistema de análisis total que permita análisis de forma rápida, sencilla, precisa y barata.

➔ **Industria de semiconductores y electrónica:**

En este sector destacan la reducción de las dimensiones de los aparatos electrónicos, aumento de sus funciones y mejoras de las existentes, incorporación de sistemas de comunicación, seguridad y confort en el hogar. Micro-sensores de presión, temperatura, aceleración, flujo y fuerza, micro-espectrómetros,...Tendrán aplicación en control de condiciones ambientales, automatización industrial, domótica,...



Figuras 11 y 12: Membrana test para la fabricación de chips (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

→ Óptica:

El sector de la óptica merece una mención especial. De hecho, a partir de la aplicación de las microtecnologías han surgido nuevos sectores como la micro-óptica o la optoelectrónica. Estos sectores ya tienen aplicaciones reales en ámbitos como la informática (lectores y grabadoras de CD y DVD, proyectores de imágenes alta resolución gracias a los micro-espejos, módulos de lentes para telefonía móvil, etc...).

Por otro lado, las medidas de la luz siempre han dado resultados muy precisos, por ésta razón y gracias a las microtecnologías los sensores ópticos están teniendo, un fuerte impacto en las tecnologías analíticas para la detección de especies químicas y biológicas por su elevada sensibilidad. La tecnología del sensado óptico puede ser una alternativa y/o un complemento a las técnicas analíticas convencionales, puesto que evitan costes, complejidad, tiempo en el procedimiento de detección.

Además combinando procesos de mecanizado con punta de diamante con actuadores piezoeléctricos es posible obtener espejos facetados.



Figura 13: Lente de precisión (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

Para el desarrollo de muchas de las aplicaciones anteriormente mencionadas es necesaria la fabricación de moldes micrométricos que pueden utilizarse posteriormente para conseguir piezas en serie de tamaño micrométrico.

Para su fabricación se pueden emplear distintas técnicas derivadas de la microelectrónica sustituyendo metodologías más tradicionales como es el ataque químico para hacer cavidades sobre un material de silicio.

Utilizando por ejemplo una máquina de electroerosión, se pueden hacer cavidades o agujeros extremadamente pequeños. Para hacer estos moldes deben utilizarse herramientas de un diámetro muy pequeño (25-50 micras).

Las tendencias en miniaturización de los productos afectan directamente al sector moldista y matricero. La implantación de los microproductos será masiva en los productos de mercado cuando sean fabricados en series largas a un coste reducido. Todo esto conlleva el desarrollo de nuevos procesos de transformación o bien la adaptación de los existentes.

En este sentido los materiales jugarán un papel muy importante, así como los procesos de estampación e inyección asociados. Para este fin será necesaria la fabricación, en moldes y matrices, de partes a escala micrométrica mediante el uso de maquinaria y herramientas adecuadas.

Cinco

EMPRESA MICRO- TECNOLÓGICA, CENTROS TECNOLÓGICOS Y UNIVERSIDAD

Para la elaboración del presente informe se han separado a las empresas y entidades que parcialmente se encuentran en este momento haciendo uso de este tipo de tecnología en empresa usuaria, empresa desarrolladora, Centros Tecnológicos (CCTT) y Universidad. La condición para ello es estar haciendo uso de la misma, por ejemplo en un componente, un acabado,...o estar desarrollando una determinada aplicación o tecnología de fabricación micro.

→ **Empresa usuaria:** *empresa que aplica en sus productos materiales o sistemas micro-tecnológicos para dar un valor añadido al producto o servicio final.*

→ **Empresa desarrolladora:** *empresa en la que parte de su proceso productivo consiste en la investigación o desarrollo de procesos o productos basados en la micro-tecnología, y la búsqueda de nuevas aplicaciones.*

Para la realización del estudio se han separado las empresas de los CCTT y grupos de investigación de forma que se tenga una visión por separado del estado del tejido industrial y de las investigaciones llevadas a cabo en territorio asturiano.

Esto se ha realizado debido a que el fin de ambas entidades es totalmente distinto y además permitirá analizar las relaciones de los grupos de investigación asturianos con las empresas regionales y externas.

Al tratarse de una tecnología en un estado de desarrollo continuo e incipiente en los últimos años y donde las aplicaciones industriales se van incorporando progresivamente es de interés diferenciar los trabajos que se están llevando a cabo en centros de investigación

y las aplicaciones industriales que son ya una realidad en la industria.

La indicación que se hace en el estudio a los nano-materiales hace referencia a la necesidad de aplicar tecnologías de micro-fabricación para su elaboración. De esta manera se puede comprobar la estrecha relación y la débil frontera que separa los procesos micro de los procesos nano.

Seis

IDENTIFICACIÓN DE CENTROS TECNOLÓGICOS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

La falta de registros previos sobre entidades en la región relacionadas con las micro-tecnologías así como de informes relacionados con el tema hacen que el presente informe sirva como referencia inicial sobre las empresas, organismos de investigación y proyectos que se están llevando actualmente sobre dichas tecnologías.

Al encontrarse estas actividades de investigación dentro de la región en su fase inicial y no existir un despliegue importante a nivel industrial, ha sido posible identificar y localizar tanto los grupos como las empresas que están desarrollando estas actividades mediante los contactos ya existentes entre ellos fruto de los trabajos que se vienen realizando en los últimos años. Las sucesivas visitas a estos Centros de Investigación y empresas ha permitido ir completando el estudio hasta completar la lista actual que se describe en el informe.

Se han identificado dentro de Asturias los siguientes CCTT/Grupos de investigación trabajando en Microtecnologías:

→ **Instituto Nacional del Carbón (INCAR).** Grupo de investigación de Materiales Carbonosos.

→ **Grupo de Electrónica para la Innovación Industrial.** Ingeniería Eléctrica. EPS de Ingeniería.

→ **Grupo de materiales nanoestructurados.** Física. Facultad de Ciencias.

→ **Grupo de Óptica Integrada y Optoelectrónica.** Física. Facultad de Ciencias.

→ **Grupo de Láminas delgadas y nanoestructuras magnéticas.**

Física. Facultad de Ciencias.

→ **Grupo de Materiales Magnéticos Amorfos y Nanocristalinos.**

Física. Facultad de Ciencias.

→ **Grupo de inmunoelectroanálisis.** Química. Facultad de Química.

→ **Grupo de micro-mecanizado.** Área de Producción Industrial.

Fundación PRODINTEC.

Como era previsible, las principales fuentes de investigación en temas de micro-tecnologías se están llevando a cabo dentro de la Universidad de Oviedo por los distintos grupos de trabajo. Estos grupos se encuentran orientados a aplicaciones muy variadas, que como ya se indicado a lo largo del presente informe es una de las principales características de este tipo de tecnologías, al poder ser aplicadas a prácticamente todos los campos de actuación.

Como Centro Tecnológico destacan los proyectos de investigación que se están llevando a cabo en la Fundación Prodintec en temas de micro-mecanizado.

Siete

RESULTADO DE LOS CENTROS TECNOLÓGICOS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 3 se muestran los resultados más relevantes de los distintos grupos de investigación consultados. En ella se reflejan para cada uno de los grupos de investigación existentes, el número de empresas colaboradoras con los mismos y los EPOs (Ente Promotor Observador) como empresas que aunque no participan en el proyecto directamente, muestran su interés por los resultados esperados.

CCTT/ GRUPO DE INVESTIGACIÓN	EMPRESAS COLABORADORAS	EMPRESAS COLABORADORAS ASTURIANAS	EPO'S	EPO'S ASTURIANAS
ELECTRÓNICA PARA LA INNOVACIÓN INDUSTRIAL	1	1	1	0
MATERIALES MAGNÉTICOS NANOESTRUCTURADOS	0	0	1	1
ÓPTICA INTEGRADA Y OPTOELECTRÓNICA	2	2	2	2
LÁMINAS DELGADAS Y NANOESTRUCTURADAS MAGNÉTICAS	0	0	3	3
MATERIALES CARBONOSOS	0	0	0	0
MATERIALES MAGNÉTICOS AMORFOS Y NANOCRISTALINOS	3	1	1	0
FUNDACIÓN PRODINTEC	6	6	0	0
TOTALES	12	10	8	6

Tabla 3: Número de empresas colaborando con grupos de investigación.

Como se puede comprobar en la mayoría de los casos las empresas colaboradoras y las EPO's son de origen asturiano o poseen filial en Asturias y colaboran estrechamente con los CCTT y grupos de investigación.

El Gráfico 4 refleja el número de actividades de investigación que se llevan a cabo en los centros de investigación consultados en la región en cada uno de los campos de aplicación que se definieron previamente al comienzo del estudio.

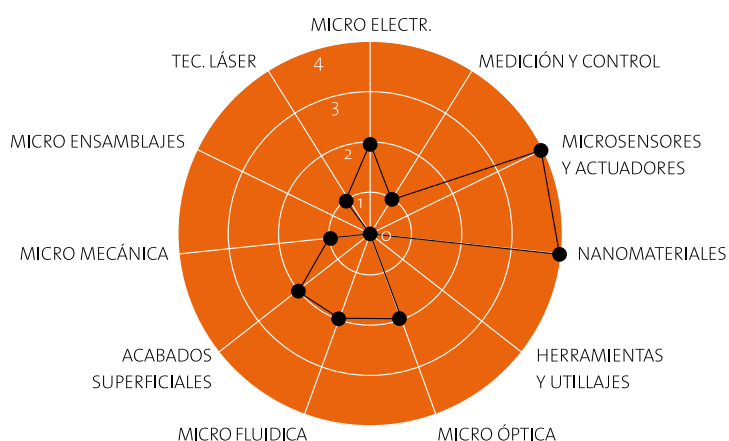


Gráfico 4: N° Actividades investigación por campo de aplicación.

A la vista del gráfico se puede apreciar que existen líneas de investigación que abarcan casi todos los campos de las micro-tecnologías. No obstante destacan los proyectos que trabajan o procesan materiales nano-estructurados mediante la aplicación de micro-tecnologías y proyectos relacionados con micro-sensores. Aunque el número de aplicaciones no es por el momento elevado, se cubren prácticamente todos los campos de aplicación definidos.

En el Gráfico 5 se muestra los sectores o mercados a los cuales pertenecen los proyectos en los que están trabajando los distintos CCTT y grupos de investigación en Asturias.

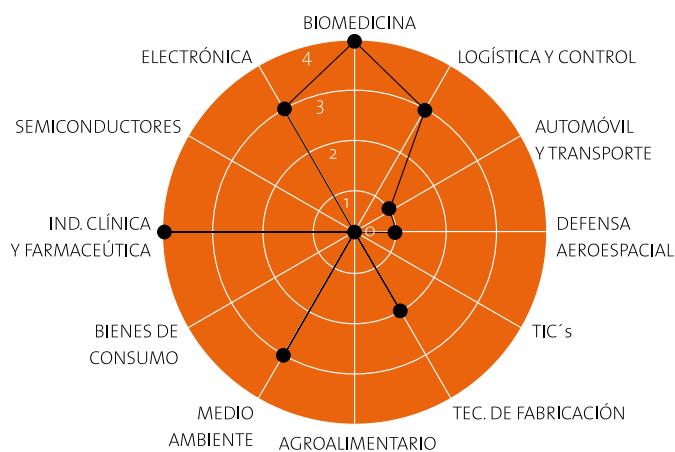


Gráfico 5: N° Actividades investigación por sector de aplicación.

En este gráfico se puede apreciar que la mayoría de trabajos en investigación básica y/o aplicada se centran en biomedicina, industria clínica y farmacéutica, logística y control y medio ambiente.

Este hecho se debe principalmente a que los grupos de investigación están trabajando en el campo de los micro-fluidos y micro-sensores y sus aplicaciones se dirigen hacia la medicina en general y la detección de contaminantes en el medio ambiente.

Por otro lado cabe destacar que alguno de los grupos de investigación como es el caso del Grupo de Láminas Delgadas y Nano-estructuradas Magnéticas realizan labores de investigación básica y sus aplicaciones son difíciles de enmarcar en un solo sector, aunque básicamente se encuentran orientadas hacia la industria química y farmacéutica y la electrónica en general.

Ocho

IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE EMPRESAS

Como punto de inicio para la elaboración del listado definitivo de empresas que de alguna manera estén aplicando este tipo de micro-tecnologías a sus procesos o productos se ha partido de un listado de empresas perteneciente al IDEPA donde se han realizado una serie de filtros basados en diferentes criterios (que tengan reflejado la existencia de departamento de I+D+i en las bases de datos del IDEPA, en cuanto al Código Nacional de Actividades Económicas CNAE,...) hasta obtener una lista de partida para comenzar con el estudio.

El listado inicial se ha ido ampliando al incluir durante el la elaboración del estudio a aquellas empresas indicadas por los CCTT y grupos de investigación las cuales podrían haber quedado excluidas del filtrado inicial. Estas empresas son conocidas por los distintos centros de investigación al colaborar en muchos de los casos de forma conjunta.

El listado final de empresas se estableció en 416, a las cuales se les informó de la realización del estudio mediante el envío de una carta desde el IDEPA. En la esta carta se les presentó las labores de realización del presente estudio y se les comunicó que en días posteriores se pondrían en contacto con ellos la Fundación PRODINTEC para informarles en mayor medida del alcance del estudio y hacerles un cuestionario acerca de las actividades en micro-tecnologías que pudieran estar llevando a cabo.

De las 416 empresas, 47 de ellas (el 11,3 %) contestó al cuestionario. De entre ellas, únicamente 7 indicaban actividad en micro-tecnologías (1,7 %).

A pesar de que un elevado número de empresas no contestó al cuestionario (88,7%), hay que destacar que únicamente 19 (4,6%) mostraron interés por este tipo de tecnologías. Este dato es preocupante si se compara con la evolución que estas tecnologías están teniendo entre las empresas y centros de investigación en otros países de nuestro entorno más cercano, y que identifican a estas tecnologías como parte importante para la elaboración de productos de alto valor añadido en un entorno de fabricación basado en el conocimiento.

A continuación se muestra en el Gráfico 6 las Microtecnologías más destacadas realizadas por las 7 empresas que presentan actividad:

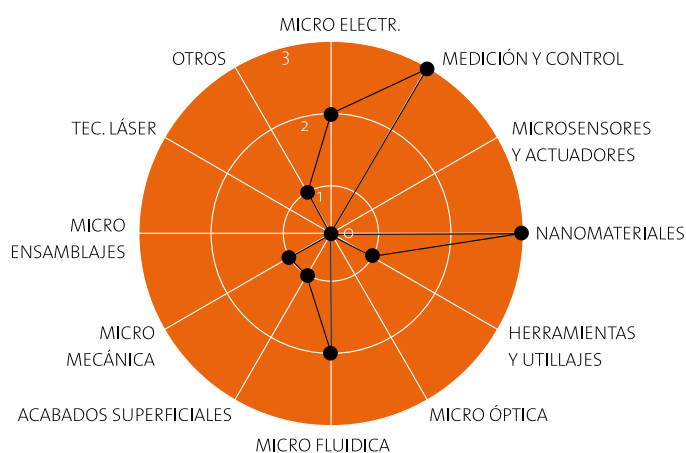


Gráfico 6: N° de Actividades empresariales por campo de aplicación.

En el apartado de «Otros» se hace referencia a la actividad en micro-tecnologías que aplica una de las empresas en sus productos, este es micro-filtraciones para la pasta de papel.

Del gráfico se aprecia que los campos de actuación principales son: micro-fluídica, trabajos de micro-tecnología para la elaboración de nano-materiales y -medición y control, todas ellas con su correspondiente micro-electrónica.

En el Gráfico 7 se indica los sectores del mercado predominantes de las actividades en micro-tecnologías realizada por las 7 empresas asturianas que respondieron al cuestionario.

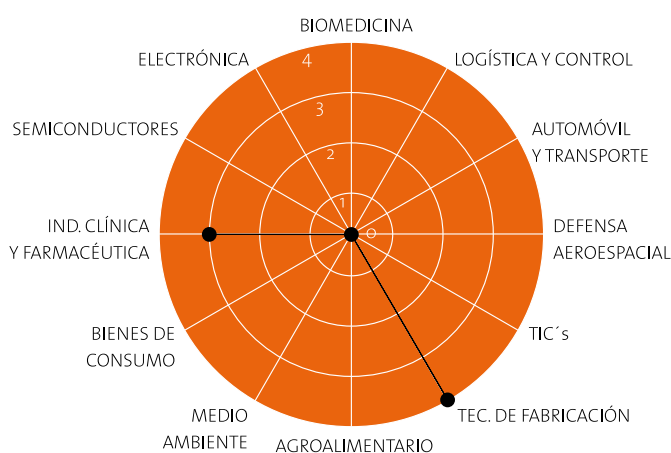


Gráfico 7: N° de Actividades empresariales por sector de aplicación.

El Gráfico 8 indica las empresas que durante el proceso de elaboración de las encuestas han indicado interés en actividades

Microtecnológicas o bien para incorporarlas en sus productos o bien necesidad de información acerca de que pueden aportar las micro-tecnologías a sus procesos productivos.

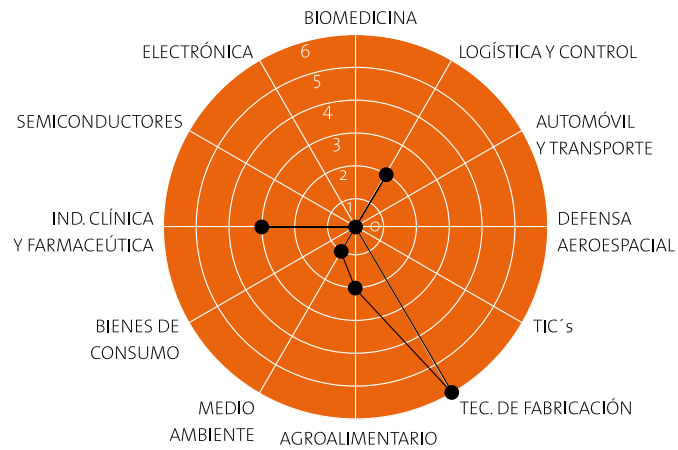


Gráfico 8: N° de empresas con interés sectorial.

Se puede concluir que existe un gran número de empresas con necesidades de información acerca de estas tecnologías. El principal inconveniente radica en la variedad de empresas, con distintos productos, procesos y de carácter multisectorial.

La información sobre las posibilidades que este tipo de tecnologías puede ofrecer a las empresas es un pilar fundamental a la hora de que una empresa se decida a comenzar a explorar este campo de aplicación. Es por ello necesario realizar un esfuerzo en hacer llegar al mayor número de empresas la información sobre las posibilidades que dicha tecnología puede ofrecer.

Nueve

ANÁLISIS

DAFO

A continuación se presenta un análisis DAFO, donde se indican las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades que suponen las microtecnologías dentro del tejido industrial y grupos de investigación en Asturias. Este análisis está basado en la información recogida durante la elaboración del presente estudio y en la experiencia y conocimientos del personal técnico de Prodintec que lleva acumulado durante los últimos años en referencia a las tecnologías de micro-fabricación. La participación durante este tiempo en los foros más innovadores en esta temática a nivel europeo permite ofrecer una visión más general de la situación de nuestra Región frente al entorno internacional.

DEBILIDADES

Uno de los principales problemas que se detectan para la introducción de estas tecnologías es la baja actividad industrial y de *investigación que* se está llevando a cabo en la región. Aunque este panorama puede resultar común a la mayoría de las regiones dentro de nuestro país, está muy lejos de las tendencias europeas y de iniciativas que se llevan a cabo en países como Alemania, Francia, Reino Unido o Suiza, tanto desde la perspectiva de Centros de Investigación como empresarial.

Por otra parte el desconocimiento sobre estas tecnologías unido a la rápida evolución de las mismas, sobre todo a nivel de investigación, hace que muchas empresas apenas puedan ir asimilándolas e incorporándolos en sus productos y procesos.

Las empresas visitadas/contactadas durante el estudio resaltaron este aspecto en cuanto al desconocimiento y alcance de estas tecnologías y lo que su uso podría significar de ventaja competitiva para las mismas.

Es necesario aquí disponer de los medios necesarios para la transmisión eficaz de las tendencias y las tecnologías que se están desarrollando en otros países de forma que las empresas accedan directamente a esta información. Los Centros de Investigación y la Universidad tienen que jugar aquí un papel fundamental, utilizando para ello, por ejemplo las réplicas de las plataformas tecnológicas europeas existentes en la región como por ejemplo *Manuf@cturias*.

La participación en proyectos de investigación europeos no sólo permite acceder a fuentes de financiación atractivas sino que pone en contacto a las empresas asturianas con las referencias internacionales (tanto empresas como centros de investigación) en la materia. Se hace necesario por lo tanto potenciar la participación en este tipo de programas tanto nacionales como internacionales, así como la identificación de líneas de investigación sobre dichas tecnologías a nivel regional.

En algunos casos las inversiones (instalaciones y maquinarias) necesarias para su utilización industrial supone un coste elevado, lo que impide que se pueda acceder a ellas de manera general. Esto es debido principalmente a la baja demanda actual, aunque hay que diferenciar entre los distintos campos de aplicación.

La aplicación de micro-tecnologías supone en muchos casos que en sus comienzos se deba de utilizar proyectos de investigación básica, donde el riesgo de conseguir resultados satisfactorios a corto plazo es alto.

Necesidad de formación específica, al ser tecnologías nuevas y con el añadido de la investigación y desarrollo, se requiere una formación alta y multidisciplinar. Los planes de formación han de ir contemplando este tipo de tecnologías, de manera que para la decisión final de una empresa de aplicar este tipo de tecnologías no suponga la falta de personal formado una barrera infranqueable.

Necesidad de cooperación entre distintas empresas/entidades tanto a nivel regional, nacional como internacional ya que en muchos casos la puesta en marcha de este tipo de tecnologías necesita de un entorno de cooperación alto tanto entre las empresas, como entre estas y los Centros de Investigación y Universidad.

Escasez de recursos científico-tecnológicos y falta de recursos humanos especializados (principalmente personal investigador). Varios de los Grupos de Investigación entrevistados indicaron la escasez de personal investigador, lo cual repercute notablemente en los proyectos en los que se centra el Grupo. El personal del cual se nutren estos Grupos de Investigación son principalmente estudiantes que finalizan sus carreras y desean hacer la tesis o el proyecto fin de carrera y que tienen una cierta vocación para la investigación. En muchas ocasiones al finalizar sus proyectos y/o tesis abandonan el puesto que ocupaban como investigador y entran en el mercado laboral, con lo que los proyectos tienen que nutrirse con nuevos estudiantes con falta de experiencia a los cuales hay que formar en el proyecto de investigación y continuar la labor del personal anterior. Esto provoca continuos retrasos en los proyectos y parones en el proceso investigador.

Aunque no se pueda hablar de una masiva generación de empleo, en la industria, la introducción en los productos y procesos de estas tecnologías supondrá la necesidad de contratar mano de obra altamente cualificada con amplios conocimientos técnicos en múltiples disciplinas.

Otra de las debilidades identificadas y transmitidas por los agentes entrevistados es la dificultad para encontrar proveedores en Asturias con determinadas tecnologías fundamentales en el ámbito de micro como por ejemplo *sputtering*, micro-mecanizado, deposición de capa gruesa,... Esta tecnología es la utilizada en la confección de microsensores y la fabricación de los mismos se está realizando fuera de Asturias, esto provoca retrasos en los procesos productivos y retrasa el desarrollo de nuevos sensores ya que las tiradas de unidades están establecidas en valores muy altos (>1000 unidades).

AMENAZAS

La *Agenda Estratégica de Desarrollo (SRA)* de la plataforma para la fabricación en Europa (*MANUFUTURE*) en su documento «*Vision 2020*» indica que los países emergentes suponen una gran amenaza para las empresas manufactureras en Europa. Esta amenaza fue uno de los principales motivos para la creación de esta plataforma.

Entre las indicaciones que se hacen para asegurar la permanencia de la fabricación en Europa se indican las tecnologías de microfabricación como una de las tecnologías clave que deben de hacer a Europa líder mundial en la fabricación basada en el conocimiento. Es necesario apostar por procesos y productos con cada vez mayor valor añadido.

Esta tecnologías están siendo desarrolladas y se apuesta por ellas a nivel internacional y no apostar por ellas desde un principio puede pasar factura a medio y largo plazo. Las empresas han de ser capaces de identificar qué tecnologías harán posible el mantener su grado de competitividad en ese periodo.

Países con gran tradición industrial como son Japón o Alemania han estado invirtiendo fuertemente durante estos últimos años en la investigación y el desarrollo de las microtecnologías por distintas razones entre las que se encuentran:

→ La creciente demanda del mercado global que demanda partes y sistemas cada vez más pequeños a un precio razonable y con un funcionamiento superior. Esta demanda desemboca en la investigación de nuevas tecnologías.

→ Presencia de la microtecnología en la mayoría de los sectores productivos. Esto obliga a desarrollar una investigación multidisciplinar, que obliga a las empresas a combinar distintas materias como por ejemplo la ciencias de los materiales, biología, química, etc.. para acelerar la innovación tecnológica.

→ Apoyo de las iniciativas nacionales de I+D que resultaron en mejores facilidades que conducen a una investigación y educación más avanzada. En este sentido en España, este interés comienza a reflejarse en programas nacionales como son el Programa Nacional de Diseño y Producción industrial (PROFIT) y en otros programas de ámbito autonómico como son por ejemplo, los del País Vasco.

La tendencia general que se observa en Europa es que las empresas que ya incorporan estas tecnologías son principalmente PYMES, muchas de ellas *spin-offs* y *start-ups* procedentes de Universidades y Centros Tecnológicos que satisfacen nichos de mercado.

Los acelerados cambios que están sufriendo estas tecnologías hacen que sea muchas veces difícil para la empresa adaptar sus productos y/o procesos a los mismos. Esto, unido a la alta competitividad internacional hace que exista un riesgo tecnológico alto que la empresa tendrá que valorar seriamente de manera que no condicione su futura competitividad. Por otra parte indicar que los resultados esperados de la aplicación de las Microtecnologías podrían no darse en el corto plazo por lo que se puede generar una sensación de fracaso y un abandono de los proyectos al ser los periodos de maduración altos.

FORTALEZAS

Como se indicó ya anteriormente, el elevado riesgo tecnológico asociado a este tipo de tecnologías hace necesario que en muchos casos la introducción en la industria de procesos o productos basados en las micro-tecnologías se articulen como proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) de manera que se salven las barreras de inicio. La puesta a disposición tanto a empresas como a Centros de Investigación de los mecanismos necesarios (principalmente financieros) para la realización de este tipo de actividades es una prioridad de la Administración tanto Regional como Nacional.

En este aspecto existen varias líneas de investigación a las que acceder para iniciar proyectos de desarrollo tecnológico. Como ya se indicó anteriormente, para la participación en este tipo de proyectos se hace necesario en muchos casos disponer de los mecanismos adecuados para su realización que incluyan la identificación de oportunidades, asesoramiento sobre las nuevas tecnologías, relaciones con empresas y centros del exterior, equipos multidisciplinarios,...

La definición de líneas concretas de financiación para proyectos de I+D relacionadas directamente con estas tecnologías ayudarán a potenciar la participación de empresas de la región en microtecnologías, ya que como se comentó anteriormente, el desconocimiento de ellas hace que se pierdan oportunidades claras de mejora de la competitividad de los productos y procesos.

En este sentido se destaca la iniciativa desde el Gobierno Regional de creación de una red de Centros Tecnológicos que junto a los grupos de investigación en la Universidad de Oviedo jueguen un papel fundamental en este tipo de actividades y sean claves en la colaboración con empresas para la puesta en marcha de proyectos de I+D que introduzcan las micro tecnologías en los productos y procesos en la empresa.

Con el fin de solventar las barreras iniciales que surgirán en la introducción de estas tecnologías en el tejido empresarial y se

produzca la transferencia tecnológica, los Centros Tecnológicos han de ser catalizadores de la puesta en marcha de forma efectiva de los desarrollos demandados por la industria.

En este aspecto cabe mencionar la apuesta estratégica por parte de la Fundación Prointec por las micro-tecnologías, siendo un pilar fundamental en la región para el desarrollo y aplicación industrial de este tipo de tecnologías. Mediante la transmisión de conocimiento, asesoramiento en la puesta en marcha de nuevos productos/procesos mediante personal técnico cualificado, participación en iniciativas nacionales e internacionales (plataformas tecnológicas, proyectos de I+D+i,...) suponen una fortaleza para la implantación progresiva de los procesos de micro-fabricación en el tejido industrial asturiano.

Otra forma de iniciarse en este sector consiste en atraer tecnología y conocimiento ya existentes en otras regiones o países. En este punto se destaca la estrecha relación con empresas relacionadas del sector, como es el caso de la empresa alemana Micro TEC.

Por otro lado, desde el tejido industrial se percibe un cambio de actitud frente a I+D+i por parte del empresariado asturiano que se está dando cuenta de la necesidad de realizar proyectos de I+D+i, principalmente debido a un cambio generacional, para la puesta en marcha de nuevos productos y procesos productivos que aseguren la competitividad de la empresa a largo plazo. Como ya se indicó, las micro-tecnologías han de jugar un papel fundamental en este campo y han de ser identificadas por las empresas como un potencial nicho de mercado para nuevos productos de mayor valor añadido.

Se hace necesario indicar en esta apartado la importancia que tienen hoy en día los equipos multidisciplinares para el desarrollo de nuevos productos de base tecnológica basados en la microfabricación. Estos grupos han de estar constituidos por ingenieros (diseño, proceso, electrónica,...), investigadores expertos en biomedicina, ciencias de la salud,... de forma que la aportación conjunta de conocimientos sobre una necesidad concreta (normalmente con una alta complejidad tecnológica) dé lugar al desarrollo de un nuevo producto con un alto valor añadido.

OPORTUNIDADES

En el contexto actual, los clientes demandan cada vez productos de alto valor añadido, que integren inteligencia y multifuncionalidad. La globalización de los mercados hace necesario que en los países con un grado tecnológico superior se apueste cada vez más por tecnologías que den respuesta a este tipo de demandas.

Los sectores de aplicación de las tecnologías de microfabricación se caracterizan por la aplicación alta de recursos y conocimientos para su utilización, por lo que se trata de una de las tecnologías clave identificadas en Europa para el mantenimiento de la producción en el continente, frente a las amenazas del traslado de la producción a países de bajo coste. El aprovechamiento de estas tecnologías ha de suponer

una ventaja y una oportunidad clara para las empresas que comiencen a aplicar en sus productos y/o procesos dichas tecnologías.

Además y como se indicó anteriormente en este informe, las micro-tecnologías tienen aplicación en casi todos los sectores industriales, por lo que se hace difícil pensar en una industria que no pueda verse beneficiada en algún sentido por la aplicación de las mismas.

Dentro de los foros europeos e internacionales, las microtecnologías están catalogadas como sector estratégico. Es por ello que se están potenciando los proyectos de investigación tanto básica como aplicada relacionados con las microtecnologías. Esto supone una gran oportunidad para las empresas asturianas de poder entrar en contacto con estas tecnologías.

El trabajo en colaboración con los Centros Tecnológicos y Universidad es fundamental a la hora de poner en contacto y promocionar los proyectos internacionales con las empresas. A nivel nacional y regional se debe de aprovechar también las oportunidades de subvención y los programas existentes para facilitar la entrada a estas tecnologías de las empresas y centros de investigación.

Este estudio ha dejado patente las enormes oportunidades existentes para las empresas y centros de investigación de nuestra región en temas de microfabricación. Las microtecnologías se consideran una de las áreas más prometedoras del siglo XXI, que revolucionarán tanto los productos industriales como los de consumo y, por tanto, el tejido empresarial asturiano no puede quedar al margen de este hecho.

La implantación de procesos de micromanufactura y la generación de conocimiento en este campo no es vital exclusivamente para reforzar la competitividad de las empresas en un mercado globalizado y tecnológicamente cambiante sino que incentivará la creación de nuevas empresas innovadoras de base tecnológica (EIBT).

Así, aunque la utilización de las microtecnologías en Asturias se encuentra en su fase germinal ya se han creado «*spin-off*», principalmente generadas desde centros de investigación, cuya fortaleza recae en el nuevo conocimiento de procesos y comportamiento de materiales a escala micro. Esto está totalmente alineado con las estrategias del nuevo Ministerio de Ciencia e Innovación que ha marcado claramente como prioritario la creación de EIBT's.

Las entrevistas a empresas y centros de investigación realizados en este estudio han puesto de manifiesto nuevas oportunidades. Estas oportunidades están focalizadas en tecnologías y aplicaciones en el mercado específicas donde Asturias puede ser un referente a escala nacional e internacional.

De la información recogida durante el estudio se puede constatar un gran interés en la empresa por estas tecnologías: un alto

porcentaje de empresas visitadas/contactadas han demostrado un alto interés en estas nuevas tecnologías. La existencia de empresas con trabajos en Microfluidos y uso en mercados tan dispares como Biomedicina, Industria Clínica y Farmacéutica y Medio Ambiental es un buen principio para potenciar la investigación y/o desarrollo de nuevos productos basados en la microfluidica y potenciar la creación de nuevos sensores para uso en medicina y medio ambiente.

A continuación se describen una serie de oportunidades potenciales de aplicación de las micro-tecnologías. Aunque el número de aplicaciones de las mismas es muy elevado y hace referencia a un gran número de diferentes sectores como se ha indicado ya en este informe, se pretende en este apartado indicar aquellas que tanto por las líneas de investigación que se están llevando en los Centros de Investigación dentro de la región como por el perfil de las empresas interesadas tienen una mayor probabilidad de desarrollarse en un futuro próximo.

→ **Fabricación de dispositivos biomédicos (micro-instrumentos quirúrgicos y sistemas microfluídicos para bio-análisis):**

En cuanto a los micro-instrumentos quirúrgicos, el uso de los mismos permitirá realizar la mayoría de las operaciones por microcirugía mínimamente invasiva. La implantación de microsistemas y micro-sensores en el cuerpo humano permitirá controlar el estado de salud gracias al envío de datos al centro de salud mediante radio-frecuencia. Microsistemas ópticos, sensores de presión y fuerza así como micro-mecanismos permitirán una cirugía que intervenga únicamente en la zona afectada.

Es necesario en este campo realizar trabajos de investigación orientados a la homologación de materiales biocompatible. Se hace más necesario aún que en otras disciplinas el contar con equipos de especialistas multidisciplinares (médicos, químicos, biólogos, ingenieros electrónicos,...) a la hora de desarrollar nuevos productos en este campo.

La tendencia actual en muchos campos de la ciencia está centrada en la miniaturización y automatización de los sistemas de análisis. Esta tendencia ha creado los sistemas denominados micro-total análisis (TAS) o **Lab-on-chip**. Muchos de los análisis que hasta ahora se realizan en el hospital, se realizarán de manera ambulatoria mediante chips, que se fabricarán en grandes cantidades a bajos costes. Entre todos los sistemas de miniaturización descritos, los microchips de electroforesis capilar (MCE) son los más desarrollados desde que aparecieron en los años 90.

Las principales ventajas de estos microdispositivos son:

- Miniaturización y portabilidad
- Automatización
- Velocidad
- Bajo coste
- Integración de varias fases como el pretratamiento de la muestra, la mezcla y la reacción, la separación y detección
- Mejora de los análisis en paralelo
- Consumo insignificante de reactivos por muestra, y
- Mínima generación de residuos.

Los MCEs se fabrican preferentemente en sustratos de vidrio, silicona y cuarzo usando técnicas fotolitográficas normalmente empleadas en la industria de la microelectrónica. Recientemente, se están utilizando materiales poliméricos debido a sus propiedades mecánicas y químicas, bajo coste y facilidad de fabricación. Se pueden utilizar distintos polímeros como sustratos como por ejemplo el polimetilmetacrilato (PMMA), polidimetilsiloxano (PDMS), policarbonato (PC) y el polietilentereftalato (PET). Los polímeros PMMA y PDMS son probablemente los más usados para fabricar microdispositivos analíticos. Asimismo, nuevos materiales poliméricos como la cicloolefina y su copolímero (COC) están demostrando ser excelentes para la fabricación de estos microdispositivos.

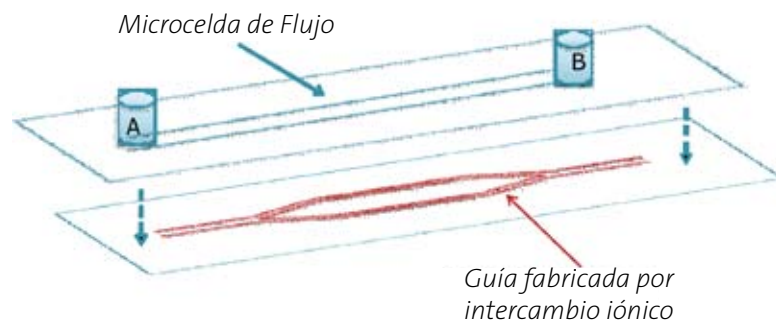


Figura 14: Microcelda de flujo.

Otro factor clave en el desarrollo de microdispositivos es su integración en sistemas de detección de alta sensibilidad. Como sistemas de detección, actualmente se están empleando múltiples sistemas en MCE, como son la fluorescencia, la quimioluminiscencia, la luminiscencia electroquímica, la espectrometría de masas y la electroquímica. En este sentido, la detección electroquímica debido a su inherente miniaturización, portabilidad, alta sensibilidad, bajo coste y compatibilidad con las tecnologías de microfabricación, es una excelente alternativa.

Actualmente la integración total de estos microsistemas (MCEs) con los sistemas de detección es el principal reto en el que se encuentran inmersos varios grupos de investigación en nuestro país. Las líneas de investigación en este campo deben estar dirigidas al desarrollo y optimización de procesos de micromecanizado mecánico en 5-ejes y métodos de replicación rápida para la fabricación de componentes a escala micro. El objetivo principal debe ser el desarrollo de un proceso de fabricación económicamente viable para la obtención de biosensores ópticos y microchips de electroforesis capilar (MEC).

Para poder comercializar estos dispositivos a bajo coste y en grandes volúmenes es necesario desarrollar nuevos procesos de microfabricación. Estos procesos deben de ser capaces de adaptarse al uso de diversos materiales tanto poliméricos o los basados en silicio, como el vidrio.

Actualmente, existen grupos de investigación e incluso empresas que están trabajando activamente en este campo. Así, el

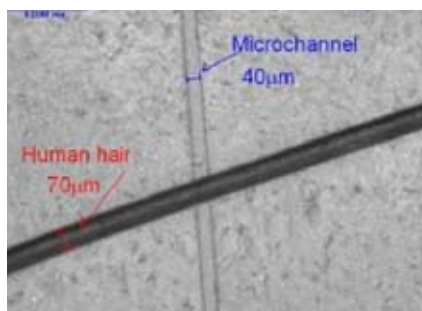
Departamento de Inmunoanálisis de la Universidad de Oviedo está avanzando en el desarrollo de dispositivos microfluídicos lo que ya ha generado una «*spin-off*» (Dropsens).

Además, este grupo de investigación está dando los primeros pasos para crear una nueva empresa de base tecnológica que necesitaría desarrollar un método viable económicamente para producir sus desarrollos microfluídicos a escala industrial, lo que hace necesario invertir en proyectos de I+D+i en este campo.

El paso más elaborado y económicamente más costoso en la fabricación de microdispositivos utilizando técnicas de replicación rápida es la fabricación del molde maestro. El mecanizado por control numérico computacional tradicional o por electroerosión (EDM) son lo suficientemente precisos para el diseño de estructuras $> 100\ \mu\text{m}$ con tolerancias en el rango de las $10\ \mu\text{m}$ en materiales como el aluminio o el acero. Sus principales limitaciones se presentan desde el punto de vista geométrico, dejando además un acabado superficial con rugosidades de varias micras.

Por ello, actualmente a la hora de fabricar las estructuras del molde maestro con dimensiones $< 100\ \mu\text{m}$ se recurre a técnicas litográficas. Sin embargo, estas técnicas requieren un gran número de etapas, presentan limitaciones en diseño de geometrías complejas e implican la utilización de salas limpias, dando lugar a procesos altamente costosos y lentos.

El micromecanizado mecánico también permite la escritura de las microestructuras directamente sobre los sustratos. Esto resulta de gran utilidad para preparación de prototipos que pueden ser producidos rápidamente con el fin de optimizar su función previamente a su producción masiva mediante técnicas de replicación.



Figuras 15: Micro canal fabricado por mecanizado (Fundación Prodintec).

Además, la escritura directa abriría un nuevo camino para la producción de microdispositivos personalizados que se diseñan para aplicaciones específicas. En la mayoría de estos casos, la fabricación del molde no resulta rentable debido al bajo número de unidades que el cliente necesita. Por ello, el desarrollo de este método de fabricación resultaría de gran utilidad.

A continuación se enumeran una serie de aplicaciones de análisis basados en micro fluídica:

- Análisis de sangre in situ (urea, hemoglobina, etc...).
- Características de la leche en planta a la hora de la recogida en la granja al poder determinar la calidad de la leche por su contenido proteico en el momento y sin ser necesaria una formación específica del operario.
- Análisis de contaminantes en el aire y/o agua en el momento y de forma continua para aplicaciones medioambientales.
- Análisis de patógenos en los fluidos de animales, de manera que se puedan atajar epidemias en las mismas granjas de animales eliminando el lapso de tiempo entre la toma de muestras y el análisis en el laboratorio.
- Análisis de las propiedades de la sidra en los tanques de una manera continua y on-line.

→ **Fabricación de bienes de consumo de alto valor (joyería, relojería, ocio,...):**

La fabricación de micro-mecanismos con altos requerimientos en cuanto a geometría y tolerancias dimensionales como se hace necesario para la elaboración de maquinaria de relojería es ya una realidad en países con larga tradición en este campo como es Suiza, donde las empresas del sector han introducido en sus procesos y productos desde hace años esta tecnología y han sido unas de las primeras validadoras por ejemplo de las nuevas máquinas de micro-mecanizado.

Tanto en este campo como en productos de alta joyería, las tecnologías de microfabricación se están haciendo un hueco entre los procesos de fabricación tradicionales, y suponen una gran oportunidad de diferenciación para aquellas empresas que se dedican a este tipo de productos. En este sector, para aplicaciones de alto valor, la combinación de tecnologías de micro-mecanizado con técnicas de fabricación rápida (*Rapid Manufacturing*) permitirá la fabricación de productos personalizados al poder fabricarlos de manera individual.



Figuras 16 y 17: Piezas de relojería y electrodo para la fabricación de juguetes (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

→ **Tecnologías de fabricación: piezas con alta complejidad técnica para procesos de fabricación (micro-piezas, micro-moldes, micro-electrodos,...):**

Las tecnologías existentes de microfabricación permiten reproducir los procesos industriales actuales en escala macro a piezas con un alto valor añadido, bien por que se fabriquen a una escala mucho menor, bien por que se necesiten un requerimientos funcionales muy exigentes en cuanto a acabado, tolerancias,...

Los procesos de micromecanizado permiten la fabricación de micro-piezas, electrodos con altas exigencias en acabados y tolerancias , micro-moldes,...

Este tipo de tecnologías (micro-fresado, micro-taladrado, micro-conformado, micro-electroerosión,...) pueden ser en muchos casos una tendencia tecnológica estratégica para aquellas empresas que tradicionalmente hayan trabajado en estos procesos a escala macro, de manera que se pueda acceder a productos o mercados con un componente tecnológico elevado y pueda asegurar la competitividad de la empresa a largo plazo.



Figura 18: Turbina micro mecanizada. (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

Mediante estas tecnologías de fabricación se conseguirá una mejora de la eficiencia en la difusión de gases, con aplicaciones en acuicultura para por ejemplo mejorar la oxigenación de las balsas y aplicaciones en hornos de tratamientos térmicos.

Asimismo se podrá mejorar en la eficiencia de microinyectores para aplicaciones en automoción, etc...

La aplicación de procesos de micro-taladrado permitirá la disminución del tamaño de gota en atomizadores, mejora en la creación de nieblas, etc...

Otros aplicaciones pueden ser el desarrollo de un film de plástico con micro aditivos para uso en el empaquetado de perecederos, bandejas vinílicas con micro-estructuras para retención de líquidos de perecederos, tales como las carnes,...

→ **Micro-inyección de plástico:**

La necesidad cada vez mayor de fabricar piezas de pequeño

tamaño en grandes cantidades y coste bajo ha sido una de las principales causas del desarrollo de la micro-inyección de plástico. Esta tecnología ha sido una de las primeras en ser incorporadas de manera efectiva a los procesos productivos en las empresas, principalmente a las que tradicionalmente se venían dedicando ya a estos procesos. Asimismo las principales empresas fabricantes de maquinaria de inyección de plástico ofrecen hoy en día soluciones técnicas para la fabricación de este tipo de micro-componentes.

Se puede indicar que las principales características de este proceso son las mismas que ofrece la inyección a escala macro (grandes producciones, bajo coste, complejidad geométrica,...), aunque la problemática técnica para la fabricación de estas micro-piezas no es la misma que a escala macro.

Existen un gran número de aplicaciones para este tipo de piezas y en múltiples sectores: micro-conectores, micro-válvulas, micro-engranajes, micro-ópticas,...



Figura 19: Micro-pieza (Fuente KERN Micro- und Feinwerktechnik).

Al igual que en la fabricación a escala macro, la micro-inyección requiere la existencia de proveedores en la cadena de elaboración de los componentes necesarios (micro-electrodos fabricados por micro-electroerosión, micro-mecanizado,... para la fabricación de micro-moldes,...) que incorporen las tecnologías de micro-fabricación oportunas en cada caso.

Muchas empresas que tradicionalmente se han dedicado a la inyección de plástico, incluyendo moldistas, matriceros,... están encontrando en la micro-inyección una nueva línea de productos que asegure su competitividad a medio y largo plazo como remedio en algunos casos a la pérdida de negocio que ha supuesto la incursión de países de bajo coste en el sector tradicional del molde e inyección, por ejemplo China.

➔ **Mejora de las propiedades tribológicas de determinados partes metálicas mediante la microtexturización superficial.**

La modificación de las superficies de elementos o componentes que se encuentren en continuo rozamiento es crucial para aumentar la vida del producto. Esta modificación viene principalmente dada por la microtexturización de las superficies para mejorar las propiedades tribológicas de determinados componentes lo que permite disminuir la fricción y el desgaste de las piezas. Por ejemplo, la creación de microcanales (5-50 micras)

sobre la superficie de segmentos de motores de combustión, permite reducir la fricción ya que en esos microcanales se acumulan pequeñas cantidades de lubricante.

Esto deriva en una mayor vida del componente. Esta tecnología se puede aplicar también en amortiguadores de coche, cajas de cambio, en implantes médicos (e.j. rodilla, cadera, etc.) o en cualquier componente que mejore al reducir su desgaste por fricción.

Así, se ha demostrado que las prótesis de cadera presentan un menor tiempo de vida debido a que durante la fricción entre dos de sus componentes, el líquido sinovial que actúa como lubricante es expulsado de entre las dos piezas en continua fricción, lo cual aumenta el desgaste de las mismas.

La microtexturización de la superficie permite el almacenaje de líquido sinovial, sin afectar al acabado superficial de la pieza, lo que lleva a una mayor duración de la prótesis.

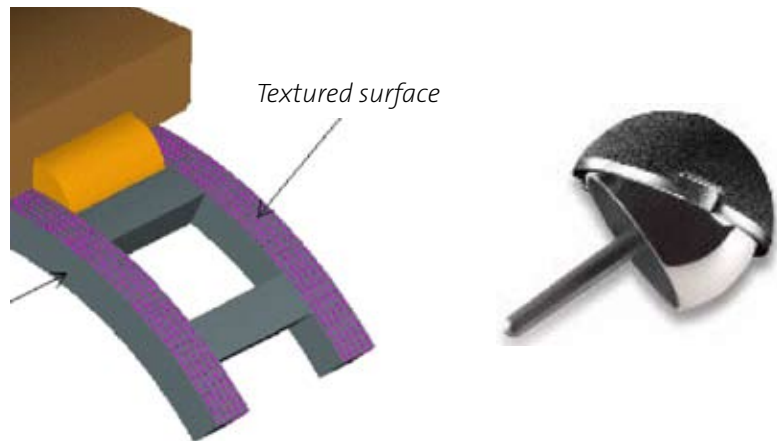


Figura 20: Ejemplos de aplicación de micro-texturas.

Existen actualmente en Asturias un buen número de empresas que puedan aplicar la micro-texturización tanto a sus productos como a elementos de sus máquinas de producción.

Así, entre las empresas entrevistadas en este estudio se encuentran empresas fabricantes de implantes a quienes la aplicación de esta parte de la micromanufactura les haría dar un salto cualitativo en su producto.

De la misma manera, empresas del sector metal-mecánico, especialmente importante en la región, como la automoción pueden tener en la microtexturización la solución para aumentar el ciclo de vida del producto.

Mejora de las calidades de emisividad térmica de los materiales mediante la aplicación de texturas. Mediante la texturización de vidrios de paneles solares se podrá disminuir la radiación térmica rebotada del panel solar al texturizar la cara interna del vidrio y

hacer que se refleje la radiación solar devuelta por el colector solar nuevamente a su interior.

→ **Incorporación de etiquetas inteligentes (tags) a los productos:**

Mediante la incorporación de micro etiquetas inteligentes que incluyan información muy valiosa sobre el producto (cadena de frío, caducidad, trazabilidad,...) se mejorará notablemente la calidad de la información de los productos, por ejemplo agroalimentarios, así como la optimización de los procesos logísticos en las empresas (control de mercancías, trazabilidad en los procesos productivos,...).

Estas etiquetas, denominadas tags consiguen que el producto se comunique con el entorno mediante radio frecuencia, dando lugar a lo que se conoce como la «Internet de los objetos» que supondrá una revolución en la manera en que se entiende la logística actualmente. Este tipo de tecnología se denomina RFID (Identificación por Radio Frecuencia).

En los últimos años se está realizando un gran esfuerzo por reducir los costes de las etiquetas, optimizar las lecturas así como en temas relacionados con la estandarización con el objeto de que se produzca la integración masiva de estos dispositivos en los productos de consumo diario.



Figura 21: Etiqueta RFID inteligente (tag).

→ **Fabricación directa mediante sinterizado láser (Rapid Manufacturing):**

La fabricación por capas engloba un grupo de diferentes tecnologías que se usan para fabricar modelos sólidos, capa por capa, los cuales son previamente generados utilizando programas de diseño asistido por ordenador (CAD) en 3D.

A diferencia del micromecanizado, en la fabricación por capas no se produce ningún contacto entre las herramientas y la pieza de trabajo lo que permite obtener piezas de cualquier geometría y complejidad, las cuales no pueden ser fabricadas en centros de mecanizado convencionales. Además, las piezas obtenidas utilizando la fabricación por capas suelen presentar un buen acabado superficial y una larga vida de funcionamiento.

El fundamento del equipo de fabricación directa mediante sinterizado láser se basa en depositar consecutivamente capas homogéneas de 20 μm de espesor y para, posteriormente, realizar una sinterización láser de los granos de metal.

El láser sigue la geometrías dadas por un modelo CAD de 3D lo que permite obtener piezas metálicas en cortos periodos de tiempos. Además, esta técnica permite fabricar partes funcionales en una amplia gama de materiales como, por ejemplo, aceros inoxidable, Titanio, aleaciones metálicas, etc.

A pesar de los grandes avances que se están haciendo en el desarrollo de la fabricación directa, aún existen algunos aspectos que deben ser mejorados para introducir estas tecnologías en la industria.

Estos son principalmente aspectos económicos y de repetitibilidad y calidad de los componentes fabricados mediante esta tecnología. Además, existen limitaciones en la utilización de determinados materiales lo que lleva a los investigadores a estudiar los mecanismos de sinterizado para poder emplear ese conocimiento en introducir nuevos materiales en la fabricación directa.



Figura 22: Piezas fabricadas por Rapid Manufacturing (Fundación Prodintec).

Es por lo tanto crucial dirigir las investigaciones hacia el control de calidad y automatización del proceso de fabricación directa para alcanzar precisiones de micras en el movimiento del láser y de esa manera poder fabricar componentes con características micro y por otra parte desarrollar nuevos materiales con propiedades adecuadas para ser utilizados en el proceso de sinterizado láser.

Por ejemplo, con respecto al segundo punto, existen estudios preliminares en los que se estudia el sinterizado de composites que consisten en micropartículas inorgánicas dispersadas en polímeros lo que proporciona a los componentes producidos unas excelentes propiedades mecánicas.

➤ **Micro-ensamblaje:**

En la mayoría de los casos, los ejemplos de micro-piezas que se han ido indicando han de ser ensambladas mediante procesos de manipulación para llegar a elaborar un componente de mayor valor y tamaño como ocurre en los procesos a escala macro. Un

ejemplo de este tipo de procesos es ya una realidad en la elaboración de placas electrónicas donde son necesarios procesos con elevados volúmenes de producción y alto grado de automatización.

En otros casos, el desarrollo de nuevos micro-productos o micro-piezas que vayan a ser ensambladas en un conjunto mayor, será necesario disponer de la tecnología de manipulación, aseguramiento de la calidad, embalaje,...requerida en cada caso. Se llega a hablar incluso del nacimiento de la **micro-factoría**.

→ **Control dimensional:**

Al igual que ocurre con los procesos de fabricación a «escala macro», se hace necesario disponer de los medios de control que aseguren la precisión metrológica que la fabricación de este tipo de micro-componentes requiere.

Los rangos de tolerancia en los que se mueven este tipo de piezas, tanto en cotas dimensionales como en acabados y rugosidades hace necesario disponer de maquinaria específica que asegure la calidad de las piezas así como personal cualificado para su manejo.

→ **Fabricación de texturas con características a «escala micro» mediante procesos de micro-mecanizado, fabricación directa y prototipado rápido.**

Las texturas están omnipresentes en nuestra vida cotidiana. El diseño industrial, la arquitectura, el arte o hardware en ordenadores personales, por ejemplo, las usan constantemente. A pesar del amplio uso de texturas táctiles, apenas existen estudios científicos rigurosos que permitan estimar las emociones y expectativas asociadas con las mismas. En otras palabras, se trata de utilizar el llamado «diseño emocional» para predecir las mentes de los consumidores a la hora de adquirir un producto.

Los objetivos deben ir encaminados a la creación de métodos para medir, modelar y predecir objetivamente la relación entre las características físicas de las texturas y las emociones que transmiten a las personas. Para lograr este objetivo, es necesario llevar a cabo la síntesis de texturas con complicadas geometrías y en diferentes materiales, de manera que seamos capaces de reproducir fielmente texturas ya existentes y ampliamente utilizadas en nuestra vida diaria.



Figuras 23 y 24: Fichero CAD 3D (STL) y fabricación por micro-mecanizado de textura (Proyecto Syntex FP6-Fundación Prodiotec).

La mayoría de estas texturas poseen características a escala micro lo que complica la síntesis de las mismas mediante métodos convencionales de manufactura. Además, se deben optimizar los procesos de fabricación para obtener una excelente precisión en la fabricación. Este último punto es de crucial importancia debido a que la precisión en los procesos de fabricación es un parámetro crítico para poder establecer de una manera rigurosa la relación entre las características físicas y las respuestas emocionales de las personas. Existen sectores en Asturias que pueden verse directamente beneficiados por el desarrollo de este tipo de investigaciones. Por ejemplo, en el sector de fabricación de muebles puede ser un elemento diferenciador de las empresas. La idea es que cualquier textura adherida a los muebles pueda transmitir una sensación agradable a los clientes lo que les animará a comprar ese producto y no otro.

Este tema está actualmente levantando el interés de diferentes empresas asturianas, principalmente motivado por los resultados del proyecto de I+D+i del 6º Programa Marco SYNTEX donde viene participando la Fundación Prodimtec, lo que permite concluir que es una línea a valorar para el futuro.

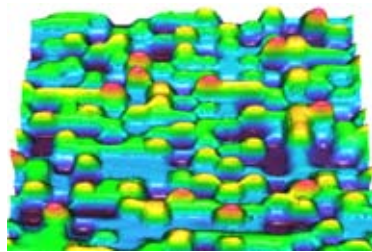


Figura 25: Medición topográfica de textura obtenida utilizando perfilómetro láser (Proyecto Syntex FP6-Fundación Prodimtec).

➔ **Fabricación de productos micro-electrónicos:**

La necesidad de encontrar fuentes cada vez más duraderas y de menor consumo en sectores como por ejemplo el del automóvil sugiere la utilización progresiva de LEDs para este tipo de aplicaciones.

La producción de cristales fotónicos para empresas de telecomunicaciones y componentes informáticos y electrónicos supone también una aplicación potencial de las micro-tecnologías. Un cristal fotónico es una estructura periódica con un determinado defecto. Este defecto permite crear unas ventanas o filtros de las bandas electromagnéticas. Este principio se utiliza en multitud de dispositivos como por ejemplo en los microondas. En este caso la red periódica tiene dimensiones macroscópicas porque su función es filtrar las ondas del microondas que tienen una longitud de onda grande. En el caso de la luz, la longitud de onda es menor; de esta forma la estructura periódica debe ser también menor. Las microtecnologías pueden permitir la fabricación de este tipo de estructuras que pueden ser aplicadas en varios campos (TIC moduladores ópticos,...).

Diez

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES DE INTERÉS

A continuación se indican las fuentes de información utilizadas para la elaboración de este informe así como enlaces de interés relacionados con las microtecnologías.

European Technology Platform for Micro and NanoManufacturing (MINAM):

→ www.micronanomanufacturing.eu

Synergetic Process Integration of Efficient Micro & Nano Manufacture:

→ <http://www.microsapient.org/>

Micro Technology Europe Magazine:

→ <http://www.mtemag.com/>

International Magazine on Smart System technologies:

→ www.mstnews.de

4M Network of excellence - Multi-material micro manufacture:

→ <http://www.4m-net.org/About4M>

Innovative Production Machines and Systems:

→ <http://www.iproms.org/>

Micro Manufacturing Select Newsletter:

→ <http://www.micromanu.com>

Gateway to Microsystems Technology in Germany:

→ <http://www.mstonline.de>

Dortmund microtechnology project:

→ <http://www.mikrotechnik-dortmund.de>

Improvement of production process project:

→ <http://www.ipmman.eu>

→ «**Micro/Nano Atlas Europe: Part I**», U. Kleinkes, I. Lehmann, IVAM Research, 2007

→ **NEXUS** market report 2004-2009.

Once ANEXOS

Once punto uno

ANEXO A

MODELO DE CUESTIONARIO PARA EMPRESAS

(A) DATOS DE LA EMPRESA	
A1a. NOMBRE DE LA EMPRESA	A1b. RAZÓN SOCIAL
A2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	
A3. SECTOR INDUSTRIA (indicar con una «X» el/los que proceda/n)	
☐ Tecn. Información y las Telecomunicaciones (TICs) ☐ Automoción/Transporte ☐ Biotecnología/Medicina/Ind. Farmacéutica ☐ Alimentación ☐ Aeroespacial ☐ Textil	☐ Ocio ☐ Construcción ☐ Energía ☐ Metal-Mecánica ☐ Bienes de equipo ☐ Otros (especificar)
A4. INTERVALO DE FACTURACIÓN (indicar con una «X» el que proceda)	
☐ Menos de 150.000€ ☐ 150.001€ - 300.000€ ☐ 300.001€ - 450.000€ ☐ 450.001€ - 600.000€ ☐ 600.001€ - 1.200.000€ ☐ 1.200.001€ - 2.100.000€	☐ 2.100.001€ - 3.000.000€ ☐ 3.000.001€ - 6.000.000€ ☐ 6.000.001€ - 30.000.000€ ☐ 30.000.000€ - 60.000.000€ ☐ 60.000.001€ - 500.000.000€ ☐ Más de 500.000.000€
A5. CLIENTES	
☐ Asturias ☐ España ☐ Unión Europea ☐ Resto del mundo	
Enumerar los más destacados:	
A6. COMPETIDORES	
☐ Asturias ☐ España ☐ Unión Europea ☐ Resto del mundo	
Enumerar los más destacados:	

(B) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA REFERIDA A LA MICRO Y/O NANOTECNOLOGÍA
B1. ¿POSEE LA EMPRESA ACTIVIDAD RELACIONADA DIRECTAMENTE CON LA MICRO Y/O NANOTECNOLOGÍA? (indicar con una «X» lo que proceda)
Microtecnología ☐ Sí ☐ No Nanotecnología ☐ Sí ☐ No (En caso de contestación negativa a ambas preguntas, continúe el cuestionario en el Pto. B3)
B2. ACTIVIDAD DESARROLLADA EN MICRO/NANOTECNOLOGÍA:
Breve descripción
Tecnología(s) empleada(s)
Equipo(s) utilizado(s)
Estimación de la importancia de esta actividad frente a la actividad global de la empresa ☐ 0%-25% ☐ 25%-50% ☐ 50%-75% ☐ 75%-100%
¿Recibe actualmente financiación pública para la realización de esta actividad? (En caso afirmativo, indicar proyectos más destacados)
¿Colabora con otras empresas / CC.TT./OPIs en el desarrollo de esta actividad? (En caso afirmativo, indicar los colaboradores más destacados)
B3. ¿EXISTE INTERÉS EN SU EMPRESA POR LAS/OTRAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS ACTUALMENTE EN EL MUNDO DE LAS MICRO Y NANOTECNOLOGÍAS? (indicar con una «X» lo que proceda)
Microtecnología ☐ Sí ☐ No Nanotecnología ☐ Sí ☐ No
En caso de respuesta afirmativa, describir brevemente:
Fecha y firma del representante de la empresa en la realización de este cuestionario

Once punto dos

ANEXO B

MODELO DE CUESTIONARIO CCTT Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Grupo	Departamento	Facultad/Centro
Nº de miembros del grupo:		
Líneas de investigación en el campo de las micro/nanotecnologías:		
Campos científico-tecnológicos (indicar los que procedan)		
MICROTECNOLOGÍAS		NANOTECNOLOGÍAS
☐ Microelectrónica ☐ Medición y control ☐ Microsensores y actuadores ☐ Nanomateriales ☐ Herramientas y utillajes ☐ Micro-óptica ☐ Microfluídica ☐ Acabados superficiales y recubrimientos ☐ Micromecánica ☐ Microensamblaje ☐ Tecnología láser ☐ Otros (especificar)		☐ Nanoelectrónica ☐ Medición y control ☐ Nanosensórica ☐ Nanomateriales ☐ Instrumentación ☐ Nanofotónica ☐ Nanofluídica ☐ Nanorrecubrimientos y efectos superf. en la nanoescala ☐ Nanobiotecnología ☐ Nanofabricación ☐ Otros (especificar)
Nº de proyectos activos:		
Proyectos más destacados:		
Publicaciones más destacadas:		
Empresas colaboradoras: SI En caso afirmativo indicar empresas:		NO
EPO's: SI En caso afirmativo indicar empresas:		NO

Once punto tres

ANEXO C

LISTADO DE ORGANIZACIONES PARTICIPANTES

LISTADO DE EMPRESAS QUE CUMPLIMENTARON EL CUESTIONARIO	
EMPRESAS	OBSERVACIONES
1 AIICPA	Entrevista
2 ALEASTUR	Entrevista
3 APTA	Cuestionario
4 ARCELOR MITTAL	Entrevista
5 BOKER	Entrevista
6 BIOMETA	Entrevista
7 CAPSA	Cuestionario
8 CEMESA	Cuestionario
9 COCINAS ASTURIANAS	Cuestionario
10 CORDES (IDEAS EN METAL)	Entrevista
11 CTM	Cuestionario
12 DIASA	Cuestionario
13 DIMENSION	Cuestionario
14 DROPSENS	Entrevista
15 DURO FELGUERA (PI)	Entrevista
16 DU PONT	Entrevista
17 ENCE	Cuestionario
18 ENTRECHEM	Entrevista
19 ESMENA	Cuestionario
20 ERVISA	Entrevista
21 EUROPIN	Entrevista
22 FERJOVI	Cuestionario
23 IBERSA	Entrevista
24 INBESA	Entrevista
25 INGENIEROS ASESORES	Entrevista
26 INMICROSA	Cuestionario
27 INSE FUNDICIÓN	Cuestionario
28 IQN	Entrevista
29 MECANIZADOS CAS	Entrevista
30 MONRASA	Entrevista
31 MUEBLES ORNIA	Cuestionario
32 NTC-KIOVE	Entrevista
33 PASEK	Entrevista
34 PIROTECNIA PABLO	Cuestionario
35 RHI	Entrevista
36 ROKO	Entrevista
37 SAINT GOBAIN	Entrevista
38 SAMOA	Cuestionario
39 SERIDA	Entrevista
40 SIRSA	Cuestionario
41 SOCINER	Cuestionario
42 SOLDVIGIL	Cuestionario
43 TECNAPIN	Cuestionario
44 LILA	Entrevista
45 TSK	Cuestionario
46 VS FOCUM	Cuestionario



Instituto de Desarrollo Económico
del Principado de Asturias (IDEPA)
Parque Tecnológico de Asturias
33420 Llanera

T + 34 985 98 00 20
F + 34 985 26 44 55
www.idepa.es