

100 años de la  
República

100 años de  
República

100 años de  
República

100 años de  
República

100 años de  
República

100 años de  
República

100 años de  
República

100 años de  
República

madrid

 **Ministerio de Cultura**  
Ministerio de Cultura de España



Dirección General de Investigación  
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN

**Comunidad de Madrid**

# I+D+I en pequeñas y medianas empresas de la Comunidad de Madrid

---

madriod



Dirección General de Investigación  
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN

**Comunidad de Madrid**



**Biblioteca Virtual**

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN  
**Comunidad de Madrid**

Esta versión digital de la obra impresa forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión de encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

[www.madrid.org/edupubli](http://www.madrid.org/edupubli)

[edupubli@madrid.org](mailto:edupubli@madrid.org)

Coordinador: José Luis Belinchón

Colaboradores: P. Alonso, J. Gutiérrez, L. Hernández,  
J.J. Mangas, M. Poza y EMC TEIN 2

© Los autores: Comunidad de Madrid

Imprime: Elecé Industria Gráfica

Edita: Dirección General de Investigación,  
Consejería de Educación,  
Comunidad de Madrid

Depósito legal: M-2846-2001

I.S.B.N.: 84-451-1918-4

madriod



<b>Prólogos</b>	9
<i>Gustavo Villapalos Salas</i> <i>Francisco José Rubia Vila</i>	
<b>Introducción</b>	15
<b>1. La I+D en la Comunidad de Madrid. Contexto español y europeo</b>	19
<b>2. La financiación de la I+D en la Comunidad de Madrid</b>	27
2.1. Los Planes Regionales de Investigación	
2.2. III PRICIT (2000-2003)	
2.3. Los Planes Nacionales de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica y los Programas Marco de Ciencia y Tecnología	
2.4. La Política Tecnológica del CDTI y la Iniciativa ATYCA	
<b>3. La promoción de la I+D empresarial en la Comunidad de Madrid</b>	41
<b>4. Las Convocatorias de ayudas a empresas de la Comunidad de Madrid</b>	45
4.1. Datos en torno a las Convocatorias	
4.2. Los indicadores de calidad de las Convocatorias de ayudas a empresas de la Comunidad de Madrid	
<b>5. Reflexiones finales</b>	65
<b>6. Algunos ejemplos de proyectos realizados</b>	69
<b>Anexos</b>	103
Anexo I. Modelo de encuesta sobre proyectos de I+DT	
Anexo II. Indicadores de calidad de resultados de los proyectos de la Convocatoria de 1997	
Anexo III. Opinión de las empresas sobre la importancia de los indicadores del III Pricit como objetivos empresariales	
Anexo IV. Resumen comparativo de los programas de promoción a la I+D Empresarial de otras Comunidades Autónomas	
Anexo V. Observaciones y recomendaciones útiles para las empresas que presenten proyectos	
<b>Bibliografía</b>	125
<b>Tabla de acrónimos utilizados en el texto</b>	127





# PRÓLOGOS

---

# **Prólogo del Consejero de Educación**

---

Dentro de las tareas que tiene la Administración Pública relativas a la creación de un marco favorable para la innovación de base tecnológica en las empresas, se encuentra sin duda el desarrollo de programas de apoyo a las pequeñas y medianas empresas (PYMEs).

Las PYMEs constituyen la mayor parte del tejido empresarial de nuestra región, al tiempo que la dinámica de globalización y la necesidad de competitividad de forma constante, coloca a éstas en situación en las que el aporte científico-tecnológico juega un papel fundamental convirtiéndose en un valor diferencial definitivo.

Los Planes Regionales (PRICIT) han pretendido permanentemente crear empleo y mejorar las oportunidades de desarrollo científico y tecnológico de todas las empresas de la Comunidad. De forma preferente, las PYMEs, por su menor tamaño y consiguientemente mayores dificultades para llevar a cabo su actualización científico-tecnológica, han merecido la atención de esta Administración mediante programas de ayudas concretas como los que aquí se analizan.

Los Planes Regionales y los Programas de Ayudas para la realización de proyectos de investigación vienen constituyendo, por una parte, un catalizador para que la sociedad haga suyo el reto de la innovación científica y tecnológica y se habitúe de modo permanente a contar con la ciencia y la tecnología para generar empleo y riqueza a través de las empresas; por otra parte, supone un complemento a los programas de índole nacional y europeo, de forma que el sistema global de ciencia y tecnología puesto a punto por la Comunidad, alcance la máxima eficiencia social y económica.

Deseamos y esperamos que este análisis y reflexión sobre las ayudas públicas y los programas de I+D+I en nuestra Comunidad, mejoren tanto la actuación de la Administración como la cantidad y calidad de las propuestas y proyectos presentados por las empresas.

GUSTAVO VILLAPALOS SALAS

CONSEJERO DE EDUCACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID

# Prólogo del Director General de Investigación

---

El Documento que hoy presentamos representa una reflexión y análisis de las convocatorias de I+D+I para PYMEs que se han realizado a partir de 1997 en la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid.

Los planes de ayudas a la I+D+I en pequeñas y medianas empresas han experimentado un proceso de afianzamiento y consolidación cuando, tras los dos primeros Planes Regionales de Investigación (PRI I y II), se elabora en 1999, el III Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (PRICIT).

Aunque el programa de ayuda a las PYMEs se presentó en 1997 como ya se ha indicado, era necesario disponer del tercer Plan para obtener los indicadores de calidad de las convocatorias. Estos indicadores y criterios de calidad han servido, cada vez de modo más explícito, para la preparación de las órdenes por las que se han regido las sucesivas convocatorias. Del mismo modo han inspirado los criterios de evaluación de las propuestas, de forma tal que las empresas puedan conocer anticipadamente el contexto más favorecedor para la presentación y realización de las mismas.

El documento que presentamos trata de contextualizar el desarrollo de las sucesivas convocatorias, refiriéndolas al marco de ciencia y tecnología existente en la Comunidad y en el conjunto del Estado español, y, sobre todo, analizando la evolución de sus respectivos indicadores de calidad, referidos no sólo a las propuestas, sino a los resultados alcanzados por los proyectos. Por esta razón se ha querido esperar hasta disponer de una perspectiva temporal sobre los resultados, de modo que las empresas puedan preparar las propuestas en los próximos años a partir de las informaciones y recomendaciones de este documento.

En el Programa de I+D+I de la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid, hemos venido utilizando un sistema proactivo de seguimiento de proyectos. Esto significa que durante el seguimiento se aconseja a las empresas el mejor modo de lograr los objetivos de los proyectos, por lo que a la hora de medir los resultados de los mismos se ha contado junto a la opinión de las empresas, expresada mediante una encuesta realizada al efecto, con la opinión de la Comisión de Seguimiento, que conoce por razón de los eventuales asesoramientos, a todos y cada uno de los proyectos en cuestión.

El Programa de ayudas de I+D+I está abierto a PYMEs de cualquier tipología y actividad, y sus resultados parecen indicar que se está caminando en la dirección correcta. En todo caso, pensamos que la reflexión y el análisis que hoy realizamos con este Documento deberán repetirse en un futuro, de forma que, además de ampliar el plazo utilizado, permita constatar que las pequeñas y medianas empresas de la Comunidad siguen acumulando experiencia y capacidad innovadora, tanto en la preparación de propuestas como posteriormente en la realización de proyectos tecnológicos.

FRANCISCO JOSÉ RUBIA VILA  
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN



# INTRODUCCIÓN

---





La promoción de la I+D entre las PYMEs y la creación de hábitos de desarrollo tecnológico en éstas, resultan de vital importancia para crear tejido industrial competitivo en la Comunidad de Madrid. El Documento que sigue pretende reflexionar alrededor de las Convocatorias de I+D para PYMEs que se vienen realizando desde 1997. En el mismo se llevarán a cabo análisis comparativos de las distintas Convocatorias, y entre éstas y las realizadas en otras Comunidades Autónomas (CC.AA.).

Al mismo tiempo, y en la medida de lo posible, se han tratado de comentar los alineamientos del Programa de Ayudas a la I+D para PYMEs dentro de los más generales de promoción de la I+D en la Comunidad de Madrid (CM), Administración Central (AA.CC.) y Unión Europea (UE). Así, se ha prestado especial atención a la denominada componente empresarial de la I+D, de la que forma parte la aportación que las empresas han de realizar para completar las ayudas a la I+D procedentes del sistema público de financiación. Las mejoras del conocimiento tecnológico y de los hábitos de innovación en las PYMEs, como resultado de los proyectos parcialmente financiados, también han merecido atención en este Documento.

Por otro lado, el análisis de los Planes Regionales de Investigación no debe pasar por alto la evolución seguida por éstos, desde los primeros esquemas de financiación a universidades y OPIs, para realizar investigación muy alejada del mercado, hasta los Programas del III PRICIT de ayudas a PYMEs para llevar a cabo proyectos de I+DT e innovación. Además, y ésta es una intencionalidad explícita de este Documento, se resaltan los puntos de confluencia e integración entre los distintos Planes que constituyen la Política de Ciencia y Tecnología de las diversas Administraciones Públicas.

No cabe duda de que la posibilidad de evaluar las propuestas y los resultados alcanzados en los proyectos, constituye un ejercicio clave para medir la eficiencia de un Programa de Ayudas a la I+DT. En nuestro caso, tanto el texto del III PRICIT como las Órdenes de las Convocatorias y el Impreso de Evaluación recogen un conjunto de indicadores que se han juzgado útiles para este propósito.



**1.**

**La I+D en la Comunidad de Madrid.  
Contexto español y europeo**

---



La Unión Europea (UE) concreta su Política de Fomento de la Ciencia y la Innovación desde 1984 en los denominados Programas Marco de I+D, el primero de los cuales fue aprobado por el Consejo en julio de 1983. Mediante este instrumento se han ido definiendo las líneas de investigación y desarrollo tecnológico que financia la UE, y se han fijado para ellas las dotaciones presupuestarias. La Comisión de la UE establece como objetivo del Programa Marco *fortalecer la base científica y tecnológica de la empresa comunitaria, para incrementar su competitividad internacional y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.*

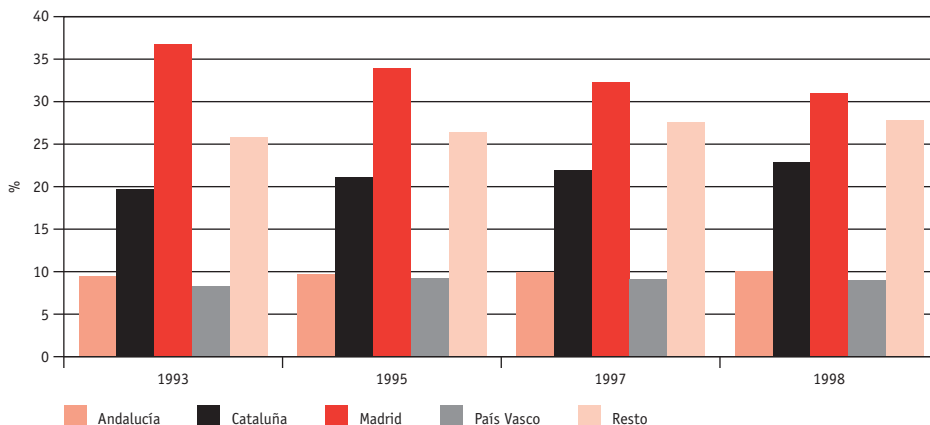
El IV Programa Marco es el que nos concierne fundamentalmente en este análisis de contexto, ya que las empresas españolas, PYMEs y grandes empresas, han participado activamente en él, formando parte de consorcios con empresas de otros países comunitarios, durante los años 1995-1998. Desde 1999 está vigente el V Programa Marco, que se extenderá hasta el año 2003. De esta forma, la aprobación de proyectos de I+D para empresas ha supuesto de hecho la constatación de una cierta calidad investigadora de las empresas que forman los consorcios. Así, cada vez más en el Programa Marco se exigen resultados cercanos al mercado y se pone tanto interés en el desarrollo tecnológico como en la investigación. Las cifras demuestran que año tras año el número de participantes españoles ha ido aumentando, así como el de proyectos liderados por entidades de nuestro país. De este modo, las financiaciones obtenidas en los programas industriales durante el IV Programa Marco se ha duplicado respecto a Programas anteriores, al igual que el número de proyectos gestionados por grupos españoles. En este contexto, las empresas y los centros de desarrollo de la Comunidad de Madrid representan de modo sostenido aproximadamente el 40% del esfuerzo y capacidad total española.

Sin lugar a dudas, la Comunidad de Madrid ocupa un lugar esencial en el Sistema Nacional de Innovación de España. Al buscar las razones que explican esta situación de la Comunidad de Madrid en el contexto español de ciencia y tecnología, hemos de tener en cuenta que si bien es cierto que existió un cierto carácter centralista en torno a la capital de la nación en el inicio del sistema de ciencia y tecnología, no es menos cierto que hoy en día y de una manera fundamental hemos de atribuirla a la evolución socioeconómica de nuestra región en los últimos veinticinco años, en los que se han desarrollado centros universitarios y tecnológicos de gran relevancia, así como laboratorios y centros de investigación empresariales.

En este sentido, los gestores de la Política Tecnológica madrileña de los últimos años han sentido la necesidad de integrar la Política de Ciencia y Tecnología de la Región con las de otras CC.AA., así como con los Planes llevados a cabo por la Administración Central y la Europea. De este modo, en palabras del profesor Rubia, Director General de Investigación de la Comunidad de Madrid, *la Comunidad de Madrid tiene una doble responsabilidad. Primero, por agrupar aproximadamente un tercio de la producción científica nacional en su territorio; y segundo, por albergar la capital del Estado, y ser, por tanto, la Comunidad que está más en contacto con la Administración Central.*

En lo que se refiere a la coyuntura tecnológica y económica madrileña, nuestra Comunidad presenta un nivel medio-alto de actividades tecnológicas (Dictamen del Comité Económico y Social de la UE, COM 1998, 275 final), y se encuentra entre las regiones europeas más desarrolladas, ligeramente por encima de la media europea en el ratio de gasto en I+D en relación con el PIB regional. No obstante, en los últimos siete años la participación de Madrid en el conjunto de los gastos de I+D nacionales ha descendido en términos relativos en algo más de un 6%. Los motivos de esta evolución hemos de buscarlos, tanto en el incremento en los gastos de I+D de prácticamente todas las Comunidades Autónomas, como en la participación en actividades de investigación y desarrollo tecnológico de CC.AA. tradicionalmente poco activas en I+D. En la figura 1 se aprecia esta tendencia:

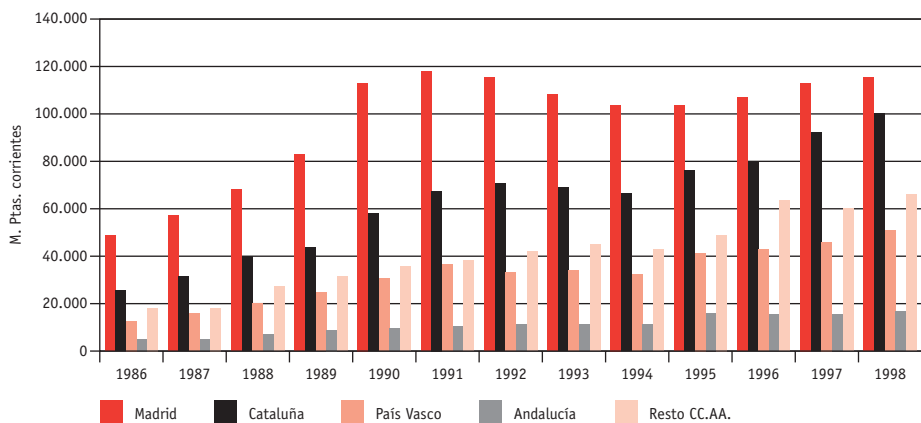
**FIGURA 1** EVOLUCIÓN DEL GASTO DE I+D EN LAS CC.AA.



Fuente: INE, 1999, y elaboración propia.

Como se desprende de la figura 1, a pesar del peso progresivamente mayor que han ido adquiriendo todas las CC.AA. españolas en la evolución del gasto nacional de I+D, para el último año del que se dispone de datos, 1998, las Comunidades de Madrid y Cataluña concentraban más del 50% de dicho gasto. Además, el desglose del indicador de gasto de I+D entre los distintos agentes del mismo mantenía la posición madrileña de liderazgo en el contexto español. En este sentido, la evolución seguida por la I+D empresarial se muestra paralela a la de la figura 1 (véase figura 2):

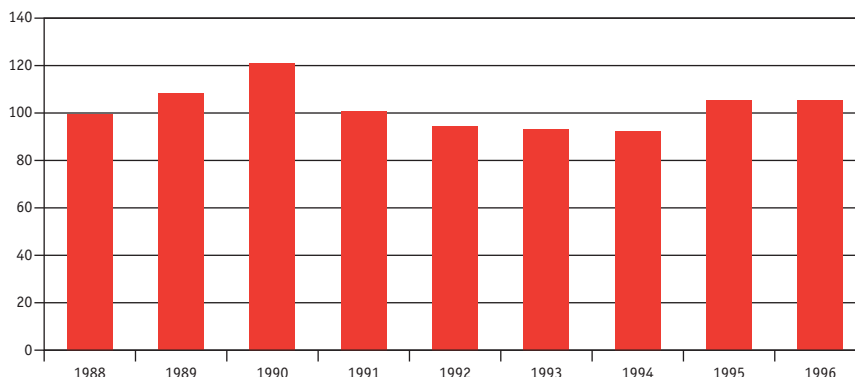
**FIGURA 2** EVOLUCIÓN DE LA I+D EMPRESARIAL POR CC.AA.



Fuente: INE, 1999, y elaboración propia.

Por otro lado, resulta relevante que, tal como se aprecia en la figura 3, la participación empresarial en el gasto nacional de I+D del conjunto del país en los últimos ocho años ha fluctuado ligeramente en torno al valor de 1988, lo que nos lleva a pensar que dichas variaciones responden a situaciones coyunturales y cíclicas más que a una tendencia estructural definida.

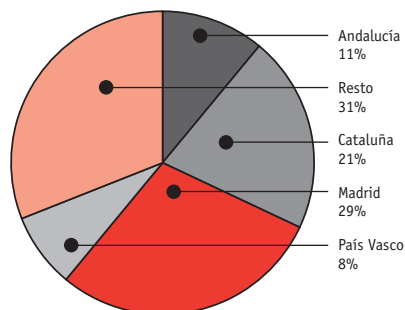
**FIGURA 3** EVOLUCIÓN DE LA I+D EMPRESARIAL EN ESPAÑA (BASE 1988 = 100)



Fuente: INE, 1999, y elaboración propia.

Si nos fijamos en el segundo indicador básico de referencia de la I+D llevada a cabo, es decir, el personal dedicado a la misma, cerca de un 30% de dicho personal empleado en actividades de I+D en España realiza su trabajo en la Comunidad de Madrid (porcentaje que confirma la posición respecto a la I+D de nuestra región en el contexto del país), situándose la mayor parte de estos profesionales, aproximadamente un 63%, en el sector público de investigación, básicamente en las universidades públicas madrileñas, en los centros de investigación autónomos dependientes de las Administraciones públicas y en los centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (véase figura 4):

**FIGURA 4** PERSONAL DE I+D A DEDICACIÓN PLENA (1998)

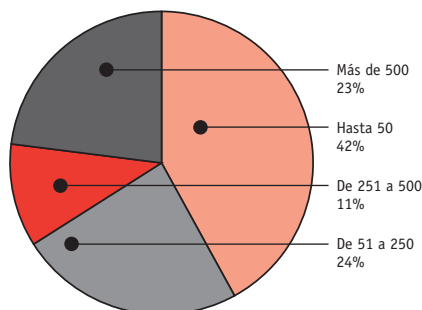


Fuente: INE, 1999, y elaboración propia.

Abundando en este sentido y manteniendo una indudable relación con la demanda de I+D, está el hecho de que Madrid constituye la segunda concentración industrial española, con una especialización en productos de muy alto contenido tecnológico, que en 1995 suponían el 24,6% del valor añadido de la región, frente a un 10,7% de media en el resto del país, por encima incluso del 13,2% de media en la UE. En lo que respecta al tejido empresarial innovador en la Comunidad de Madrid, éste está constituido fundamentalmente por PYMEs (Pequeñas y Medianas Empresas), teniendo en cuenta como tales las que tienen un máximo de 250 empleados y una facturación inferior a 40 M. Euros, según la normativa europea vigente 96/C 213/04, DOCE de 23 de julio de 1996. Estas PYMEs están enmarcadas fundamentalmente en los sectores de servicios a empresas y electrónica, tanto profesional como de consumo (véanse las figuras 5 y 6).

FIGURA 5

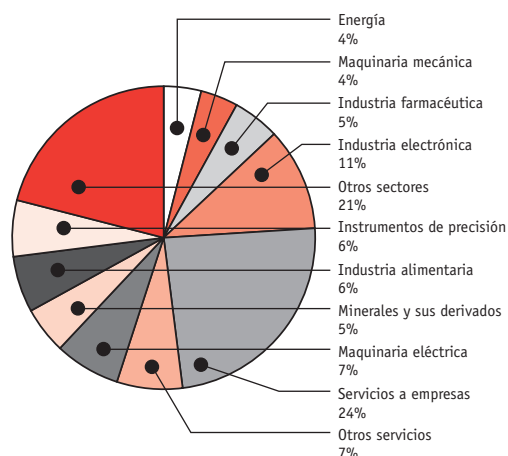
TAMAÑO DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS DE MADRID  
(SEGÚN NÚMERO DE EMPLEADOS)



Fuente: Buesa y Molero, 1999.

FIGURA 6

ADSCRIPCIÓN SECTORIAL DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS  
DE MADRID



Fuente: Buesa y Molero, 1999.

En este sentido se encuadran las conclusiones del análisis de la Encuesta sobre Innovación y Competitividad entre las empresas innovadoras madrileñas llevadas a cabo por los profesores Buesa y Molero, empleando los resultados obtenidos en 1995 sobre una muestra de 545 empresas españolas pertenecientes al universo de las que entre 1984 y 1994 obtuvieron préstamos del CDTI para financiar proyectos de innovación e I+D. En dicho estudio se apuntaba que:

- Las empresas madrileñas en su conjunto gastan alrededor de un 7% de sus ingresos en innovación, principalmente en I+D, y en menor medida en diseño industrial e ingeniería de producción.
- Las empresas innovadoras madrileñas tienen un nivel relativamente alto de autonomía tecnológica, ya que el 66,7% de sus tecnologías de producto y el 59,6% de las de proceso son de origen interno.
- Las empresas de tamaño medio-grande (de 250 a 500 empleados) son las que más I+D externa contratan.

En el mismo estudio, ambos autores desarrollaron la estructura de especialización de la región madrileña en innovación industrial, empleando para ello índices relativos referidos al promedio del período 1994-1996 obtenidos de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica que elabora el INE. De acuerdo con ellos, las fortalezas de Madrid aparecen principalmente en industrias de alto nivel tecnológico, en las que las oportunidades de innovación son muy elevadas y el desplazamiento de la frontera del conocimiento es rápido (véase tabla 1).



**TABLA 1** SECTORES MÁS ESPECIALIZADOS DE LA C.A. MADRILEÑA EN INNOVACIÓN INDUSTRIAL

Sectores	Índice de especialización
Fabricación de equipos de telecomunicación.....	373,9
Industria del petróleo .....	351
Industria aeroespacial .....	290,7
Óptica y relojería.....	227,2
Componentes electrónicos.....	150
Industria farmacéutica.....	138,9
Editorial e imprentas.....	131,4
Electricidad, gas y agua.....	129,4
Industria del tabaco.....	119,2
Industria química .....	104,8

De este modo, se observa que entre las empresas de mayor índice de especialización tecnológica se encuentran las encuadradas en las ramas de actividad de fabricación de equipos de telecomunicación, óptica y relojería, componentes electrónicos, farmacia, electricidad e industria química, lo que ayuda a comprender la importante presencia de PYMES de estos sectores en los sucesivos Programas de Ayudas a Empresas de la Comunidad de Madrid, véase la figura 15. Asimismo, a partir de la Encuesta Industrial de I+D de la Comunidad de Madrid para las empresas manufactureras de más de 100 empleados, Buesa y Molero concluían que más de un tercio de la I+D empresarial madrileña es ejecutada por grandes empresas, fundamentalmente en los sectores de farmacia, biotecnología y electrónica, considerada esta última de modo amplio, es decir, englobando, asimismo, software y telecomunicaciones. Ello puede significar, por tanto, que el resto de la I+D empresarial de la Comunidad de Madrid se lleva a cabo por PYMES de cualquier tamaño.

Por otro lado, para que se produzcan de modo óptimo las transferencias de los resultados de investigación al sector productivo son necesarias asimismo las infraestructuras de *interface* o de apoyo a la innovación. De este modo, Madrid cuenta con importantes infraestructuras activas de soporte a la innovación, entendiéndose por tales *todas aquellas entidades cuya misión es proporcionar medios materiales y humanos, y que se responsabilizan de llevar a cabo trabajos tecnológicos de muy diversa índole, que van desde la realización de proyectos de I+D hasta ensayos y medidas* (Libro Blanco. Cotec, 1998). De la anterior definición se extrae que las entidades que forman las infraestructuras activas de apoyo a la innovación, constituyen un grupo muy heterogéneo, no obstante, bien delimitado en España en ocho tipos de organizaciones: los Centros Tecnológicos, los Parques Científicos y Tecnológicos, los Centros Europeos de Empresa e Innovación, las Fundaciones Universidad-Empresa, los Organismos y Agencias de Fomento de la Innovación, los Laboratorios de Ensayo y Medida y las Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRI). Las características comunes a las entidades que conforman estas infraestructuras de soporte a la innovación se concretan en su titularidad privada en la mayor parte de los casos, no tener ánimo de lucro, actuar como proveedoras, facilitadoras o interrelacionadoras de la actividad innovadora y destinar sus servicios de innovación principalmente a las PYMES.

Entre dichas entidades las hay con una orientación más sectorial o vertical y otras más horizontal. Entre las primeras se encuentran los Centros Tecnológicos, en cierta medida los Parques Científicos y Tecnológicos y los Laboratorios de Ensayo y Medida, pudiendo integrarse el resto en un subgrupo horizontal que atiende a un amplio espectro de sectores de actividad. En este sentido, Madrid dispone de varios centros tecnológicos, de un parque tecnológico (PTM-Tres Cantos), y de un parque científico-tecnológico en Alcalá de Henares, operativo probablemente en los próximos meses de este año. Asimismo, está prevista la construcción del mayor parque tecnológico y empresarial de nuestro país en el municipio de Parla.

Adicionalmente a estas consideraciones, resulta fundamental para la transferencia tecnológica y el soporte a PYMES la existencia dentro de la Comunidad de Madrid de numerosos Institutos o Centros del CSIC, así como varios Departamentos de las Universidades de Alcalá, Autónoma, Carlos III, Complutense, Politécnica y Rey Juan Carlos.



## **2. La financiación de la I+D en la Comunidad de Madrid**

---

## **2.1. Los Planes Regionales de Investigación**

---

Con una vigencia de cuatro años, entre 1990 y 1993, el I Plan Regional de Investigación de la Comunidad de Madrid (I PRI) tenía como objetivos generales estructurar y consolidar el Sistema Madrileño de Ciencia y Tecnología, fomentando la investigación en aquellas áreas estratégicas que se consideraban de interés prioritario para la Comunidad de Madrid: recursos naturales, sector industrial, salud y ciencias humanas y sociales. En este sentido este Plan hacía especial hincapié tanto en la investigación básica como en la aplicada, de modo especial las realizadas desde el Sector Público-Administración. Con esta orientación se concedieron ayudas por valor de 4.719,3 M. Ptas. entre 1990 y 1993 (según el desglose de la tabla 2), principalmente hacia los programas de Medio Ambiente, Humanidades y Ciencias Sociales, Salud e Investigación en Nuevas Tecnologías.

El I Plan se estructuró sobre cuatro Programas Regionales de Estimulación Científica y seis Programas Regionales de Investigación. Los primeros compartían programas con las áreas Horizontales-Especiales y de Calidad de Vida y Recursos Naturales del I Plan Nacional de I+D, e introducían como programas novedosos los destinados al Desarrollo de la Infraestructura para Investigación y a la Difusión e Innovación Tecnológicas. En cuanto a los Programas Regionales de Investigación, se encuadraban en las cuatro áreas definidas de interés para la Comunidad de Madrid, con un fuerte peso de los programas de investigación biosanitaria, complementando así a los programas del I Plan Nacional de I+D en las áreas de Calidad de Vida y Recursos Naturales, Tecnologías de la Producción y las Comunicaciones y Programas Socioculturales.

A partir de la evaluación del I PRI y del diagnóstico sobre la Comunidad, recogido en el Libro Blanco de la Política Científica de la Comunidad de Madrid, se elabora el II PRI. Este II Plan Regional compartía con el I PRI el fomento de la investigación en áreas estratégicas de interés para la Comunidad de Madrid, y hacía especial hincapié en la investigación básica de calidad. Además, integraba los objetivos del I PRI (más orientado hacia el sector público) y los ensanchaba hacia el sector empresarial, mediante la puesta en marcha del Plan de Innovación Industrial. Con esta orientación, el II PRI asignó a las convocatorias comprendidas entre los años 1994 y 1998 un presupuesto total de 10.558 M. Ptas., estando este II Plan en vigor hasta 1999. De la cantidad dedicada a subvencionar proyectos y acciones especiales, el 39,2% se dedicó a áreas tecnológicas de interés regional, el 38% al área de biomedicina y el 8,5% al área de humanidades y ciencias sociales. Por otro lado, las ayudas directas a la I+DT en las empresas alcanzaron en este II Plan un valor de 894 M. Ptas.

**TABLA 2** DISTRIBUCIÓN DE FONDOS DEL I Y II PRI DE LA COMUNIDAD DE MADRID COMO FINANCIACIÓN EJECUTADA (M. PTAS.)

	<i>Proyectos de investigación</i>	<i>Fondos para infraestructuras</i>	<i>Becas</i>
I PRI .....	2.632	1.662,7	424,6
II PRI (hasta 1998) .....	6.286,07	1.602,348	2.604,962

El II Plan Regional de Investigación de la Comunidad de Madrid se estructuró en cinco áreas estratégicas y seis ejes de actuación. Las primeras añadían la Agroalimentación a las ya definidas en el I PRI, de acuerdo así con las áreas de Calidad de Vida y Recursos Naturales, Tecnologías de la Producción y las Comunicaciones y Estudios Sociales, Económicos y Culturales del II Plan Nacional de I+D. De este modo, los Ejes de Actuación del II Plan Regional coincidían en una buena medida con los Programas Horizontales y Especiales del Plan Nacional de I+D, introduciendo de modo explícito la cofinanciación de proyectos europeos. Además, el II PRI establecía la distinción entre Proyectos de Investigación, pensados específicamente para la comunidad científica, y Proyectos Concertados, de interés para una o varias empresas, llevados a cabo en colaboración con investigadores de centros públicos y financiados conjuntamente por la empresa y el Plan Regional.

Asimismo, el II PRI se ha solapado en una medida importante en el tiempo, en contenidos y orientación con el IV Programa Marco de Ciencia y Tecnología de la UE (1994-1998). Como es conocido, este Programa Marco se estructuraba alrededor de 11 programas con un presupuesto global de 13.215 M. Ecus. Los ocho primeros programas eran de carácter temático, y los tres siguientes horizontales. Entre los primeros tenían una mayor importancia el programa de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, con proyectos tan emblemáticos como ESPRIT o ACTS, y el programa de Tecnologías Industriales, destacando en el mismo el proyecto BRITE/EURAM. Existían asimismo programas de investigación socioeconómica, en energía y medio ambiente.



**2.2.**  
**III PRICIT (2000-2003)**

---



El III Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (III PRICIT) surge de un proceso de reflexión a partir de la evaluación de los resultados del II PRI, de las conclusiones del proyecto ERICIT, de las orientaciones en materia de Política de Ciencia y Tecnología de la UE y de los ejes fundamentales y acciones de seguimiento, evaluación y, en algunos casos, explotación de programas, de la Ley de Fomento de la Investigación Científica y la Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid (LEFICIT). En este sentido, los cuatro ejes fundamentales o pilares de la LEFICIT, sobre los que se apoya el II PRICIT, son el fomento de la investigación de calidad, el apoyo a los procesos de innovación, la promoción de una cultura científica en todos los ámbitos y la plena incorporación de la Comunidad de Madrid a los ejes de la política de investigación e innovación de la UE.

No cabe duda de que el Libro Verde de la Innovación de la UE ha tenido una gran influencia en el diseño de este III Plan Regional, que de este modo ha recogido la necesidad de que los conocimientos científicos sean aprovechados por el sector productivo y se transformen en innovaciones tecnológicas, que permitan así mejorar la competitividad de las empresas. En este sentido, el III PRICIT considera inseparables la innovación de los conocimientos generados por la investigación, en la medida en que se pretende que estos conocimientos sean aprovechados por el sector productivo. Es decir, se ha recorrido un camino que se inicia en el primer Plan Regional, muy orientado hacia la investigación básica de calidad y la aplicada fundamentalmente por el sector investigador público, pasa por el segundo Plan, abierto a la innovación industrial, y llega hasta este III PRICIT, que constituye la puesta en práctica de un diseño de Política Regional de Ciencia y Tecnología, de acuerdo con el concepto de Sistema Nacional de Innovación, frente a los primeros diseños más lineales.

Así, en este III Plan Regional la colaboración y coordinación con las políticas de ciencia y tecnología que hacen otras AA.PP. es aún si cabe mayor, y así, por ejemplo, se apoya de un modo importante la investigación básica de calidad, complementando las líneas de actuación del V Programa Marco, orientado en mayor medida a la investigación aplicada.

La planificación del III PRICIT se ha desarrollado así sobre los pilares de la LEFICIT, orientándose en este sentido a:

- Apoyar la investigación de calidad en un marco de competencia.
- Fomentar la cultura científico-tecnológica y el espíritu emprendedor.
- Favorecer la creación de nuevas empresas a partir de los nuevos conocimientos, o a partir de los grupos de investigación (*spin-offs*).
- Promover la cooperación y difusión del conocimiento.

De este modo, el III PRICIT se justifica en *el papel esencial de las Administraciones Regionales en aquellas actividades donde la interacción directa y sistemática entre los agentes es determinante para su desarrollo*.

En lo que respecta a las empresas, este papel esencial de las Administraciones Regionales se concreta en este III Plan Regional en la promoción de la cooperación, en el contacto directo con las empresas, en un conocimiento más exacto de las necesidades de innovación de las PYMEs, en el impulso a la financiación de la innovación y en la definición de las necesidades de infraestructuras de soporte a la innovación.

Sobre las premisas anteriores, el III PRICIT constituye una planificación sobre las siguientes seis líneas de actuación:

- El fomento de la competitividad y la calidad de la investigación.
- Lograr la integración y la dinamización del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología y Sociedad.
- Abordar la internacionalización.
- Impulsar el espíritu emprendedor y la necesidad de crear nuevas empresas de base tecnológica.
- Apoyar la mejora de la interfaz ciencia-tecnología-empresa-mercado.
- Promover la participación ciudadana en aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología.

El III PRICIT, dotado con un presupuesto global de 35.273 M. Ptas. entre los años 2000 y 2003, se ha estructurado en nueve líneas de actuación agrupadas en tres áreas: Generación del Conocimiento, Creación de Entorno y Acciones Especiales. En este sentido, las tres primeras líneas de actuación, encuadradas en el área de Generación del Conocimiento, tienen un presupuesto conjunto del 78% del total del III PRICIT, con el siguiente desglose:

- Promoción de la I+D pública, 42%.
- Promoción de la I+D empresarial, 14%.
- Formación y movilidad, 22%.

En el caso de este III Plan Regional, las conexiones y referencias con el IV Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (IV PNID) y con el V Programa Marco de Ciencia y Tecnología de la UE (V PM), son muy intensos. Además se da un solapamiento en el tiempo de los tres Programas, entre los años 2000 y 2002. De este modo, se recoge la intención básica del III PRICIT de *integrar en un proyecto común a las Administraciones, investigadores, empresas, etc., y de este modo coordinarse con las restantes políticas sectoriales de la Comunidad de Madrid, con programas de las universidades y Organismos Públicos de Investigación (OPIs), con el IV PNID, con otras CC.AA. y el V PM, estableciendo vínculos con otras regiones españolas, europeas y latinoamericanas.*



**2.3.**  
**Los Planes Nacionales  
de Investigación Científica,  
Desarrollo e Innovación  
Tecnológica y los Programas Marco  
de Ciencia y Tecnología**

---

El Plan Nacional constituye el instrumento básico de planificación e integración de las políticas de I+D de las distintas AA.PP. Junto a él, el V PM representa el instrumento de Política Científica y Tecnológica más importante que tiene a su disposición la UE para fortalecer la posición de Europa en el contexto mundial, tanto en lo que se refiere a la generación de conocimiento como a la competitividad industrial y la calidad de vida. Su importancia no reside únicamente en la posibilidad de disponer de financiación complementaria a la del IV PNID y III PRICIT, lo que no deja de ser importante, tanto para los participantes como para evaluar el retorno global que obtiene España, sino también en la calidad de dicho retorno, es decir, las posibilidades que ofrece esa participación para mejorar la posición de nuestras empresas y centros públicos y privados de I+D en el entorno internacional. En este sentido, la recepción por Madrid de los PNID, como promedio anual entre 1988 y 1994, ha sido del 30,91%, mientras que su recepción del IV PM (1995-1998) fue del 42,07%. Es decir, la participación de las empresas y organismos de investigación madrileños en el IV PM ha sido superior al porcentaje más o menos constante, alrededor del 30%, de participación de Madrid en los gastos nacionales de I+D, consecuencia posiblemente de la mayor presencia en Madrid de grandes empresas y organismos públicos de investigación. Por otro lado, estas cifras ponen de relieve la importancia de la Comunidad de Madrid como centro difusor de I+D en España, capaz de ofrecer a los investigadores un entorno tecnológico, productivo y financiero de primera magnitud, así como un potencial humano extraordinario.

De este modo, resulta muy estrecha la integración entre las líneas de actuación de las áreas de Generación del Conocimiento y Creación de Entorno del III PRICIT con los Programas Horizontales del V PM y las áreas Científico-Tecnológicas del IV PNID. En paralelo, se establecen numerosos puntos de contacto entre las líneas de actuación del III PRICIT y los Programas Temáticos del V PM y las áreas sectoriales del IV PNID. En este sentido merece especial atención el Programa de Innovación y PYMEs del V PM, en la medida en que constituye el reconocimiento necesario desde las AA.PP. hacia las actividades de I+DT llevadas a cabo por pequeñas y medianas empresas industriales y de servicios. De este modo, se tienen en cuenta las especiales dificultades que tienen las PYMES para hacer I+DT, y así el procedimiento administrativo diseñado para este Programa contempla una primera fase *exploratoria* de elaboración de la propuesta de proyecto, financiada hasta con 22.500 euros.

## **2.4. La Política Tecnológica del CDTI y la Iniciativa ATYCA**

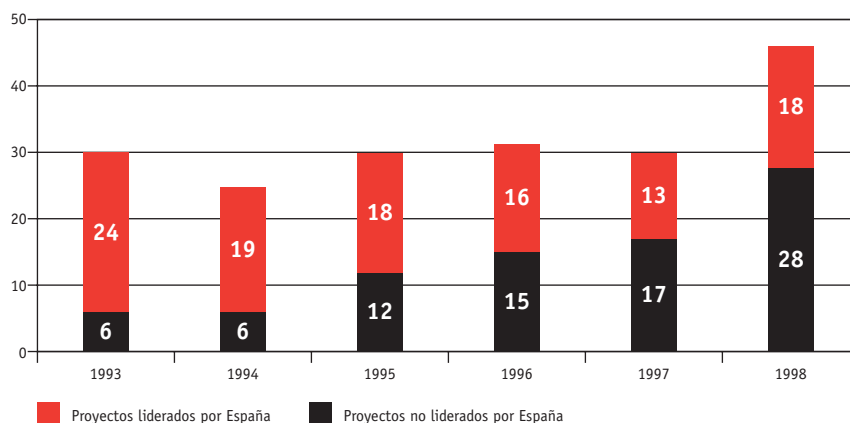
---

Las actividades del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), organismo dependiente del actual Ministerio de Ciencia y Tecnología, están esencialmente orientadas a la concesión de créditos blandos para proyectos de I+D empresariales, en las modalidades de Proyectos Concertados, o de carácter precompetitivo, Proyectos de Desarrollo Tecnológico, con una orientación más finalista al mercado, y Proyectos de Innovación Tecnológica, orientados a la incorporación y asimilación de nuevas tecnologías. La financiación de los primeros se lleva a cabo con cargo al Fondo Nacional de I+D (PNID), mientras que los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y los de Innovación Tecnológica son cofinanciados, en determinadas CC.AA., entre el CDTI y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). En este sentido, el CDTI es desde 1994 el organismo intermediario reconocido por la UE para la gestión de ayudas del FEDER, habiendo financiado en conjunto proyectos tecnológicos de empresas en regiones Objetivo 1, aunque también en otras como la Comunidad de Madrid, por un valor aproximado a 4.000 M. Ptas. anuales.

De este modo, entre 1988 y 1995 las empresas de la Comunidad de Madrid desarrollaron 655 proyectos tecnológicos con financiación CDTI, recibiendo 37.482,4 M. Ptas., lo que constituye un 26% del total de los proyectos y un 28% de la financiación global. Asimismo, la media de financiación por proyecto fue en Madrid de 57,3 M. Ptas., algo más elevada que en el resto de España. Sin embargo, el peso relativo de las empresas de la Comunidad de Madrid en el número de proyectos realizados ha disminuido ligeramente en los últimos años, ya que entre 1988 y 1992 se concentraban en la Comunidad madrileña el 27% de todos los proyectos desarrollados en España y el 30% de la financiación del CDTI, mientras que en el período 1993-1995 se llevó a cabo en la Comunidad de Madrid el 25% de los proyectos con el 26% de financiación global. Por otra parte, el CDTI gestiona los programas internacionales de contenido industrial, promoviendo la participación española en proyectos europeos, tal como Eureka. Eureka nació en 1985 con el objetivo de ayudar a las empresas europeas de orientación tecnológica a acabar con los obstáculos existentes al establecimiento de un clima de cooperación en materia de investigación y desarrollo. El diseño de su gestión supone una calificación y etiqueta común en una estructura descentralizada con un enfoque de abajo hacia arriba en los proyectos, es decir, es suficiente la concepción de un proyecto entre dos socios de distintos países miembro de Eureka para que las propias Administraciones nacionales inicien el proceso de análisis y posible financiación.

De este modo, a finales de 1997 la cartera de proyectos Eureka totalizaba 651 proyectos en curso con un coste total cercano a los 6.000 M. Ecus. En estos proyectos participaban unas 3.000 entidades, de las que aproximadamente un 33% eran grandes empresas, un 40% PYMEs, un 25% centros de investigación y el resto organismos de otro tipo. En los últimos años los proyectos llevados a cabo por PYMEs han alcanzado una proporción aún mayor, como consecuencia del objetivo explícito de Eureka de estimular a las PYMEs a invertir en innovación e I+D. Más aún, los sectores de actividad que han experimentado un mayor crecimiento en los últimos años en el número de proyectos nuevos en Eureka, biotecnología, medio ambiente, TICs y materiales, guardan una importante analogía con los sectores de empresas innovadoras de la Comunidad de Madrid, sobre los que a su vez se han movilizado prioritariamente los esfuerzos de la misma en apoyo a las PYMEs para I+DT. En este sentido, podríamos decir que las convocatorias de I+DT para las PYMEs de la Comunidad de Madrid se integran en un sistema coordinado y más amplio de ayuda a la investigación, el desarrollo y la innovación en toda Europa, al que pertenece Eureka (véase la figura 7).

**FIGURA 7** EVOLUCIÓN DEL PROGRAMA EUREKA



Finalmente, la Iniciativa ATYCA (Iniciativa de Apoyo a la Tecnología, la Seguridad y la Calidad Industrial), coordinada desde el Ministerio de Industria y Energía (MINER), ha estado vigente durante los tres años en los que se han convocado en la Comunidad de Madrid Ayudas a las Empresas para I+DT, lo que ha determinado que en las evaluaciones de las propuestas del Programa de Ayudas a Empresas de la Comunidad de Madrid, se tuvieran en cuenta criterios que fomentasen el alineamiento temático y la mayor complementariedad posible en el modo empresarial de aplicación de ambos Programas.

ATYCA ha distribuido en ayudas a empresas 53.903 M. Ptas. en el período comprendido entre 1997 y 1999. En dicho intervalo de tiempo el Programa de ayudas a PYMEs de la Comunidad de Madrid ha financiado proyectos por valor de 1.641 M. Ptas. Por razón de este contexto, y para alcanzar la máxima eficacia de estas ayudas, resultaba esencial la alineación temática de las áreas de prioridad, lo que no es sino una confirmación de la tesis común de que, debido a que los países tienen recursos limitados para sus actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, deben invertir en aquellas actividades que se hayan priorizado adecuadamente. Es decir, las ayudas a la I+D serán rentables en la medida en que se orienten a sectores de actividad que hagan más probable el éxito de las mismas, para lo que a su vez es necesario tener en cuenta el contexto global y los activos en infraestructuras y personal de que se dispone.

La alineación temática de las áreas de prioridad entre los diferentes Programas ha permitido, entre otras ventajas indirectas, el que alrededor de un 14% de los proyectos aprobados en el Programa de ayudas a PYMEs de la Comunidad de Madrid, durante las tres convocatorias, hayan recibido asimismo financiación conjunta de ATYCA. Estas cifras de cofinanciación podrían haber sido sin duda de orden superior, ya que se ha dado una gran coincidencia en las áreas tecnológicas prioritarias de ambos programas. En este sentido, ATYCA priorizaba especialmente las cinco áreas tecnológicas de TICs, biotecnología-química-farmacia, alimentación, materiales y medio ambiente, coincidentes en lo esencial con las explicitadas entre los *aspectos priorizados* de las diferentes Órdenes de las tres Convocatorias. De hecho, de los 95 proyectos aprobados en las tres Convocatorias de la Comunidad de Madrid, un 90% de los mismos puede encuadrarse en alguna de las cinco áreas prioritarias para ATYCA.

La razón de que de los proyectos presentados sólo un 14% haya recibido financiación conjunta de ATYCA y la Comunidad de Madrid, no obstante el alineamiento temático entre ambos programas, bien pudiera deberse a que la financiación conseguida por las empresas del Programa de la Comunidad de Madrid haya sido en muchos casos la máxima factible (recordemos en este sentido los elevados porcentajes de ayudas otorgados, figuras 9, 11 y 14). También podría haber incidido el hecho de que, dadas las características de tamaño de las empresas, les resultaba difícil la presentación simultánea de propuestas a los dos Programas.



### **3. La promoción de la I+D empresarial en la Comunidad de Madrid**

---



Dentro del área de Generación del Conocimiento, la segunda línea de actuación del III PRICIT incluye la promoción de la I+D empresarial. A este fin se han destinado 6.900 M. Ptas., un 14% del presupuesto global previsto para los cuatro años de vigencia del Plan. Esta segunda línea de actuación se desglosa en el Programa 2.1 de Ayudas a las Pequeñas y Medianas Empresas y en el Programa 2.2 de Cooperación entre PYMEs y Grandes Empresas.

En este sentido, el Programa 2.1 recoge los artículos 2b, 2d, 6b y 15 de la LEFICIT, y tiene como objetivos facilitar la I+D en las PYMEs madrileñas mediante subvenciones, incrementar la investigación cooperativa universidad-centros de investigación-empresas, estimular la participación de las PYMEs madrileñas en los programas nacionales y europeos y fomentar la contratación de investigadores a medio y largo plazo.

Este Programa 2.1 se desarrolla en una medida importante a través de las Convocatorias de *Ayudas a Empresas de la Comunidad de Madrid para la Realización de Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico* (Órdenes de 1997, 1998 y 1999), que la Comunidad de Madrid viene llevando a cabo desde 1997, de acuerdo con las indicaciones contenidas en el *Encuadramiento Comunitario sobre ayudas de Estado a la Investigación y Desarrollo* (96/C 45/06. DOCE, n.º C 45, 17 de febrero de 1996).

Las diferentes órdenes que han regulado las convocatorias no han limitado el contenido ni la estructura de los proyectos, ya que siempre se ha pretendido que las empresas pudieran expresar con la máxima libertad sus necesidades e intereses en materia de investigación y desarrollo tecnológico. No obstante, se priorizaban los siguientes aspectos de aplicabilidad (art. 4, Orden 840/1997 de 16 de abril, Orden 1685/1998 de 30 de julio y Orden 1213/1999 de 14 de junio):

- Incorporación de nuevo personal, que el III PRICIT concreta que sean especialmente investigadores.
- Desarrollar la actividad en los ámbitos de la ingeniería, los bienes de equipo y los servicios.
- Colaboración efectiva con universidades y centros de investigación de la UE.
- Los proyectos integrados en las áreas tecnológicas de medio ambiente, TICs, materiales y biotecnología.
- Los proyectos cuyo cumplimiento de objetivos posibilite la resolución de problemas relevantes para la CM.

El artículo 9 de las mismas órdenes recoge los criterios fundamentales de evaluación científico-técnica de las solicitudes, que pueden constituir asimismo indicadores de calidad de las mismas:

- Rigor en el planteamiento y planificación del proyecto, así como capacidad científica y técnica de los equipos de trabajo implicados.
- Previsible incidencia de los resultados en los sectores tecnológicos, industriales y económicos.
- Novedad de las ideas planteadas.
- Impacto medioambiental.

Más aún, el III PRICIT recoge un conjunto de indicadores de calidad de las propuestas y de resultados de los proyectos, que junto con el desarrollo de los criterios de evaluación científico-técnica y de los aspectos priorizados en el artículo 4 de las diversas órdenes que recogen las Convocatorias, han permitido medir el impacto de los resultados de los proyectos terminados de la Convocatoria de 1997 y la calidad de las propuestas presentadas en las tres convocatorias (véase tabla 3).

**TABLA 3 INDICADORES DE CALIDAD DE LAS PROPUESTAS Y DE RESULTADOS DE LOS PROYECTOS**

<i>Indicadores de calidad de las propuestas</i>		<i>Indicadores de calidad de los resultados de los proyectos</i>		
<i>Impreso de evaluación. Criterios de evaluación científica y tecnológica</i>	<i>Órdenes reguladoras de las Convocatorias</i>	<i>III PRICIT</i>	<i>Orden 1213/1999 (asimilados)</i>	<i>III PRICIT</i>
<p><b>Calidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Originalidad de las ideas.</li> <li>Interés científico y/o tecnológico de los objetivos.</li> <li>Rigor en el planteamiento metodológico.</li> <li>Planificación adecuada.</li> </ul> <p><b>Medios humanos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Valoración de los investigadores.</li> <li>Actividad previa del equipo.</li> <li>Participación del equipo en proyectos nacionales o internacionales.</li> </ul> <p><b>Medios materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilidad del material necesario.</li> <li>Justificación del material solicitado.</li> <li>Apoyo de otras entidades financiadoras.</li> </ul> <p><b>Incidencia de los resultados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En el área científica y/o tecnológica correspondiente.</li> <li>En otras áreas de importancia en el futuro.</li> <li>En el medio ambiente.</li> <li>Repercusión social o económica.</li> </ul>	<p><b>Aspectos priorizados (art. 4)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Incorporación de nuevo personal.</li> <li>Desarrollar la actividad en los ámbitos de la ingeniería, los bienes de equipo y los servicios.</li> <li>Colaboración efectiva con universidades y centros de investigación de la UE.</li> <li>Los proyectos integrados en las áreas tecnológicas de medio ambiente, TICs, materiales y biotecnología.</li> <li>Los proyectos cuyo cumplimiento de objetivos posibilite la resolución de problemas relevantes para la CM.</li> </ul> <p><b>Criterios de evaluación científico-técnica (art. 9)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rigor en el planteamiento y planificación del proyecto, así como capacidad científica y técnica de los equipos de trabajo implicados.</li> <li>Previsible incidencia de los resultados en los sectores tecnológicos, industriales y económicos.</li> <li>Novedad de las ideas planteadas.</li> <li>Impacto medioambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los proyectos vinculados a planes de innovación integrada, de acuerdo con el Programa 2.2.</li> <li><i>De manera relevante se valorará la integración del proyecto en un plan de negocio de base tecnológica.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los proyectos cuyo cumplimiento de objetivos posibilite la resolución de problemas relevantes para la CM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios.</li> <li>Apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes.</li> <li>Nuevos convenios/contratos de colaboración entre CPIs y PYMEs.</li> <li>Nuevos investigadores incorporados a grupos de I+D.</li> <li>Mejora de las capacidades productivas.</li> <li>Reducción costes producción.</li> <li>Nuevas inversiones/gastos comprometidos.</li> <li>Número de proyectos en el IV PNID o el V PM.</li> <li>Inversiones realizadas en I+D por las propias empresas.</li> <li>Inversiones destinadas a CPIs.</li> <li>Mejora del impacto ambiental del proceso productivo.</li> </ul>

Fuente: III PRICIT, 1999, y elaboración propia.

**4.**  
**Las Convocatorias de ayudas  
a empresas de la Comunidad  
de Madrid**

---

## 4.1. Datos en torno a las Convocatorias

---

La presentación de propuestas por parte de las empresas y su posterior evaluación constituye el primer eslabón de una ininterrumpida cadena de reuniones con las empresas, reuniones internas y análisis de los datos que se van obteniendo con el seguimiento de los proyectos. El número de proyectos abiertos, componiendo los de una y dos anualidades de las diferentes convocatorias ocurridas hasta ahora, ha venido creciendo hasta estabilizarse alrededor de 110 proyectos a lo largo de este año 2000. No resulta difícil deducir el importante volumen de informaciones útiles para las tareas de análisis que se está produciendo como consecuencia del elevado número de proyectos y del modelo de seguimiento proactivo de los mismos. Cada proyecto se visita entre una y dos ocasiones durante su desarrollo, al tiempo que su progreso o posible dificultades se comentan varias veces en las reuniones mensuales internas de la Comisión. Esto sucede bien a raíz de las visitas o porque se reciben los preceptivos informes de seguimiento.

A pesar de ello, somos conscientes de que en términos relativos en el siguiente análisis se utilizan datos procedentes de muestras relativamente pequeñas, como son los conjuntos de empresas participantes en las Convocatorias, y aun menores de los proyectos aprobados y finalizados. Por ello, necesitaremos los análisis de los años venideros para comprobar que se hacen más firmes y nítidas las primeras tendencias y reflexiones que ahora apuntamos.

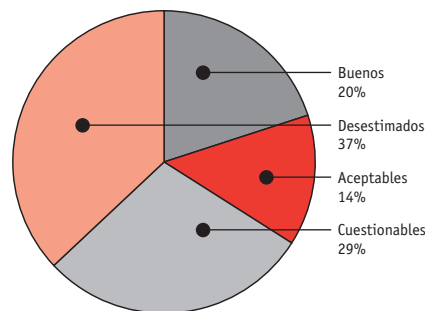
A efectos de la terminología empleada, conviene tener presente que los evaluadores califican las propuestas de proyectos en cinco niveles (desestimado, cuestionable, aceptable, bueno y excelente), según los criterios de las órdenes de las Convocatorias comentados en el apartado 3 de este Documento. Al mismo tiempo, la Comisión de seguimiento ha considerado que un proyecto ha tenido una realización *aceptable* cuando se han cumplido y realizado los objetivos previstos. Los términos de *bueno* o *excelente* se han reservado, respectivamente, para aquellos que han cumplido sus objetivos holgadamente, o para aquellos otros que además han tenido claras repercusiones económicas y/o sociales. Naturalmente, estas repercusiones son aquellas que resultan apreciables en un horizonte más o menos inmediato al proyecto.

#### 4.1.1. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE LA CONVOCATORIA PYMES 97

En la convocatoria de 1997 se presentaron 111 proyectos por un total de 96 empresas, recibiendo ayudas 31 proyectos por un valor de 473 M. Ptas. sobre un presupuesto o importe subvencionable de 1.525 M. Ptas.

El conjunto de proyectos presentados mostraba algunas carencias, tanto en su enfoque como en su presentación, lo que provocó que se desestimase un importante porcentaje de los mismos, un 37%, exactamente 41 proyectos, que no cumplían los requisitos mínimos exigidos en la Orden de la Convocatoria. La calificación inicial que merecieron los proyectos presentados, en función de su calidad, se muestra en la siguiente figura:

**FIGURA 8** EVALUACIÓN DE LA CONVOCATORIA PYMES 97



Fuente: Elaboración propia.

Tomando aquellos proyectos situados en la horquilla superior de las calificaciones, es decir, los 22 proyectos evaluados como buenos, junto a los nueve mejor calificados dentro del grupo de los aceptables, comenzó por parte de la Comunidad de Madrid la promoción de la I+D empresarial entre las PYMES de nuestra Región. Se arranca con 31 proyectos de I+D, a los que se le concede ayuda por valor de 473 M. Ptas. Al cabo de dos años finalizaron con éxito 26 de los mismos, ya que cinco se vieron interrumpidos, en tres de ellos por razones económicas (principalmente no presentar el aval de la subvención en el período establecido por la Orden 840/1997), y en dos por motivos técnicos.

El análisis de los proyectos finalizados permite establecer, con todas las cautelas derivadas del tamaño de la muestra, una relación interesante con la evaluación inicial de los mismos. En este sentido, de los 22 proyectos calificados como buenos inicialmente, seis de ellos han logrado ratificar la misma calificación al final de su realización. Por otra parte, cinco de los proyectos calificados como aceptables inicialmente han mejorado durante su realización, terminando igualmente como buenos. Esta evolución permite pensar que un sistema de seguimiento eficaz puede contribuir a reconducir un porcentaje apreciable de proyectos.

Al mismo tiempo, 16 de los proyectos evaluados inicialmente como buenos han finalizado sin alcanzar esta misma calificación, lo cual puede considerarse bastante normal dentro de los valores esperados, y debido principalmente a los factores de riesgo inherentes a la propia naturaleza de los proyectos de I+DT.

Esta consideración de normalidad no atenúa, sin embargo, la necesidad de mejorar los elementos de la planificación tecnológica (lado de las empresas) y del seguimiento proactivo (lado de la Administración), pues parece que en estos 16 casos no habría sido suficiente esta eficacia combinada de planificación y seguimiento proactivo para contrarrestar los riesgos y dificultades aludidos como inherentes a los proyectos de I+DT.

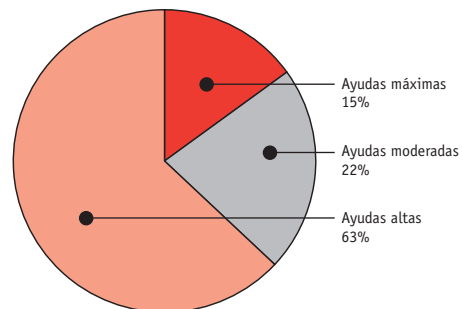
En los 26 proyectos finalizados se concedieron ayudas importantes en su financiación, que en promedio alcanzaron el 31% del presupuesto total de los mismos, lo que supone, como ya se ha indicado, 473,8 M. Ptas. de ayuda sobre 1.525 M. Ptas. de importe subvencionable. Ahondando en este sentido, el 15% de los proyectos que recibieron ayuda obtuvieron el máximo autorizado (un 60% del presupuesto total de los mismos). De hecho, el criterio que se siguió en esta convocatoria fue el de conceder la mayor ayuda posible a aquellos proyectos en los que se estimaba que los resultados previsibles eran importantes para la Comunidad de Madrid y la



empresa, a pesar de concurrir circunstancias de dificultad a priori, como el hecho de existir inversiones importantes en instrumentación alejadas de la cultura de la empresa (FAPLISA), dificultades tecnológicas notables (como en los casos de INGENASA y ALCALAGRES) o incluso riesgo en el desarrollo del proyecto (INTECA).

Otra reflexión interesante es la relativa al planteamiento de generosidad o amplitud de las ayudas o subvenciones y su posible relación con el incremento en la probabilidad de éxito de los proyectos, permitiendo o coadyuvando en varios casos a alcanzar la calificación final de "bueno". De hecho, de los cuatro proyectos mencionados que consiguieron la subvención máxima, tres de ellos pertenecen a la categoría de buenos finales, e incluso excelentes.

**FIGURA 9** AYUDAS DE LA CONVOCATORIA PYMES 97



Fuente: Elaboración propia.

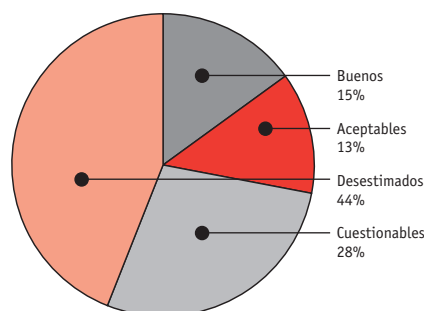
Junto a los proyectos señalados que recibieron una ayuda o subvención máxima del 60%, otros 17 (un 63%) obtuvieron una ayuda alta, es decir, ayudas comprendidas entre el 25 y el 60% del presupuesto presentado y aprobado, y sólo en seis casos (un 22%) la ayuda concedida fue moderada, inferior al 25% del presupuesto total (véase figura 9).

En lo que respecta a la transferencia de tecnología, un 74% de los proyectos recibieron soporte desde universidades y organismos públicos de investigación (OPIs), que, por otro lado, en dos casos se encontraban ubicados fuera de la Comunidad de Madrid.

#### 4.1.2. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE LA CONVOCATORIA PYMES 98

En esta segunda convocatoria se presentaron 116 proyectos, recibiendo ayuda 30 proyectos por un valor de 496,7 M. Ptas. sobre un presupuesto total de 1.681,4 M. Ptas., lo que supone un 30% del mismo; es decir, un punto porcentual menos que en la convocatoria de 1997. La duración media de los proyectos se mantuvo en diecinueve meses, al igual que en la convocatoria anterior. Por otro lado, la calidad de los proyectos presentados se redujo ligeramente, aun cuando las proporciones en la distribución de los mismos se mantuvieron en valores muy similares a los de la convocatoria de 1997, dando lugar ambos efectos a que el número de proyectos desestimados aumentase en 1998 en un 8%, según se desprende de la siguiente figura:

**FIGURA 10** EVALUACIÓN DE LA CONVOCATORIA PYMES 98



Fuente: Elaboración propia.

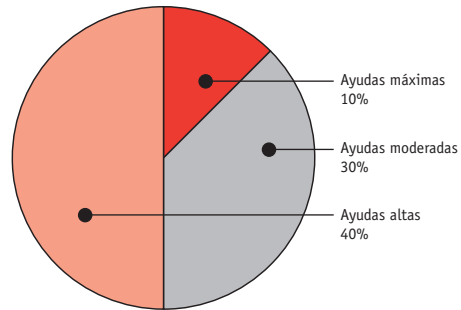
No creemos que esta ligera disminución de la calidad de las propuestas se deba a un menor interés de las empresas al presentarlas, o a una mayor dificultad para asimilar las condiciones de presentación. Más bien pensamos que se debe a la circunstancia atípica de que la orden reguladora de las ayudas se publicó con fecha de 6 de agosto de 1998, debido al retraso en la autorización Comunitaria a la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid. Esta fecha de publicación es probablemente la responsable de que en algunas empresas las propuestas fueran preparadas por personal de suplencia, debido al período vacacional. En otros casos, algunas empresas que podían haber elevado la calidad media de las propuestas, no se presentaron, bien porque no se enteraron a tiempo o por la ausencia de personal en el período indicado.

En esta convocatoria de 1998, cinco proyectos que obtuvieron ayuda recibieron, asimismo, financiación complementaria del Ministerio de Industria dentro de ATYCA, por un importe conjunto de 33,912 M. Ptas. Esta cofinanciación de los proyectos desde distintos programas de las Administraciones Central y Autonómica respondieron a una inquietud, claramente patente en la Convocatoria de 1998, de potenciar un esquema de colaboración de la Política Científica y de Innovación con otras Administraciones Públicas, con el objetivo de financiar proyectos bien definidos y con ciertas garantías de éxito en la I+D. En este sentido, el III Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica, III PRICIT, recogerá este modelo en su octava línea de actuación de "relación con otras políticas públicas".

En lo que se refiere a las ayudas otorgadas, la figura siguiente recoge dichas ayudas clasificadas según el nivel de financiación:

FIGURA 11

AYUDAS DE LA CONVOCATORIA PYMES 98



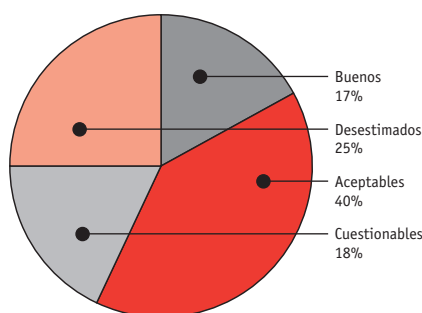
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que en esta convocatoria se reduce el número de empresas y proyectos que obtienen una financiación máxima o alta con respecto a la de 1997. Al mismo tiempo se incrementa en proporciones similares el número de proyectos que recibe una ayuda de tipo moderado para la financiación de su presupuesto. El ligero desplazamiento en los porcentajes de ayuda es sin duda la respuesta del sistema de evaluación a la reducción media de la calidad de las propuestas recibidas. Por otro lado, a pesar de la reducción indicada en las cuantías de las ayudas, en términos relativos o porcentuales con respecto a los presupuestos de los proyectos, el importe de las mismas en términos absolutos se incrementó en un 5% con respecto al año anterior.

### 4.1.3. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE LA CONVOCATORIA PYMES 99

En la convocatoria de 1999 se amplió el importe de la ayuda de la Comunidad de Madrid a la I+D empresarial en algo más de un 26% respecto a 1998, alcanzando el valor de 672,48 M. Ptas. Se han financiado 34 proyectos, apreciándose una cierta mejora de la calidad respecto a las convocatorias anteriores, que empezaría a reflejar la asimilación por parte de las empresas de criterios de calidad en la preparación de las propuestas. Dichos criterios creemos que se van incorporando a la cultura de gestión tecnológica de las empresas por diversas vías, que comprenden los manuales del IV y V Programa Marco, los seminarios del Ministerio de Industria, de CDTI, normas Eureka y también algunas de las indicaciones de la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid sobre la forma de mejorar la presentación de las propuestas desestimadas inicialmente (véase la figura 12).

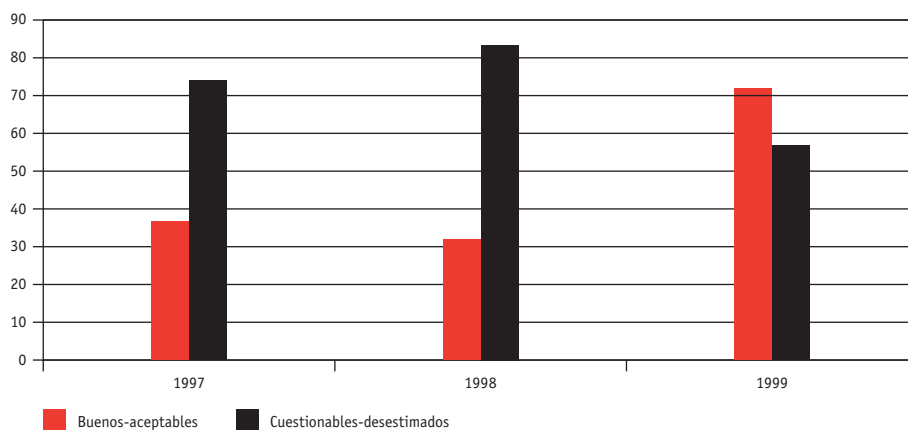
**FIGURA 12** EVALUACIÓN DE LA CONVOCATORIA PYMES 99



Fuente: Elaboración propia.

La variación de la calidad de los proyectos presentados en las tres convocatorias realizadas se sintetiza en el siguiente histograma:

**FIGURA 13** EVOLUCIÓN EN LA CALIDAD DE LA PROPUESTAS PRESENTADAS

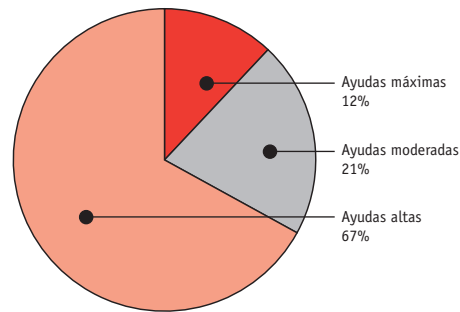


Fuente: Elaboración propia.

Los cuatro niveles representados se han agrupado únicamente en dos, *buenos-aceptables* y *cuestionables-desestimados*, con el fin de mostrar más claramente la evolución de la calidad de las propuestas.

La duración media prevista de los proyectos ha ascendido en esta convocatoria a 20,6 meses, frente a los 19 meses de media de las convocatorias anteriores, y la financiación de los mismos ha sido alta en un 67% de los proyectos, lo que confirma la correlación que lleva a cabo el sistema de evaluación entre la variación de calidad de las propuestas y la cuantía de las ayudas o subvenciones a la financiación de los proyectos (véase la figura 14):

**FIGURA 14** AYUDAS DE LA CONVOCATORIA PYMEs 99



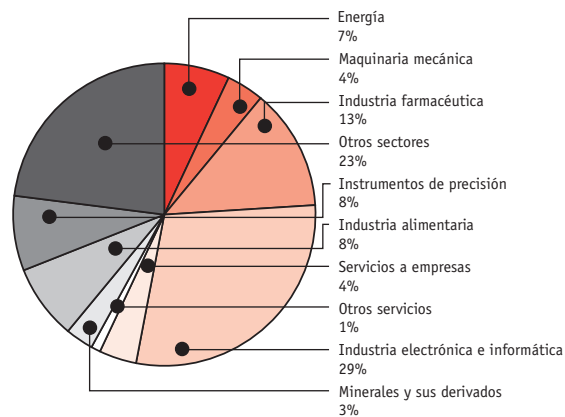
Fuente: Elaboración propia.

A lo largo de las tres convocatorias realizadas se ha propiciado el desarrollo de líneas de producto en un 29% de los proyectos, mediante el apoyo a propuestas de una misma empresa presentadas en convocatorias sucesivas. Por otro lado, en esta convocatoria han existido ayudas concurrentes del antiguo Ministerio de Industria procedentes de ATYCA en tres proyectos, por un importe de 69,8 M. Ptas., y en otros cuatro proyectos se ha solicitado financiación a ATYCA por valor de 130,2 M. Ptas. De este modo se reafirma la línea de política tecnológica complementaria de la Comunidad de Madrid apuntada para 1998.

En lo que respecta a la transferencia de tecnología, un 68% de los proyectos cuenta con la participación de universidades y OPIs, dotados en promedio con el 35% del total del presupuesto.

Un aspecto analizado para las tres convocatorias de modo conjunto ha sido el grado de aprovechamiento o refuerzo producido entre el segmento de empresas innovadoras de la Comunidad de Madrid y el conjunto de propuestas presentadas a las tres convocatorias de proyectos de I+D, financiados por la Dirección General de Investigación. La comparación de la distribución estadística de ambos colectivos nos muestra que existe una apreciable correlación positiva entre ellos, aún más patente si se tiene presente que al menos la mitad del segmento de *servicios a empresas* está constituido por empresas informáticas en el estudio de Buesa y Molero, mientras que en la adscripción de las propuestas de I+D éstas han sido asignadas mayoritariamente al segmento de *Industria Electrónica e Informática* (véanse las figuras 6 y 15).

**FIGURA 15** ADSCRIPCIÓN SECTORIAL DE LAS EMPRESAS QUE REALIZAN I+D FINANCIADA EN PARTE POR LA COMUNIDAD DE MADRID



Fuente: Elaboración propia.

Esta circunstancia positiva entendemos que se ha producido como consecuencia de la apertura de las Convocatorias a todos los sectores económicos de la Comunidad de Madrid, junto con el hecho de que han primado los criterios de calidad en la evaluación de las propuestas. Ambos factores permiten razonablemente esperar que los mejores proyectos procedan de aquellos segmentos más preocupados por la I+D y la innovación tecnológica (tabla 1).

Adicionalmente existe una cierta similitud de tipologías entre la adscripción sectorial de las empresas innovadoras de la Comunidad de Madrid y la que resulta de la figura 15, aunque para hacerla más evidente se requeriría un cierto agrupamiento previo de los segmentos considerados en este último, según las áreas tecnológicas de referencia, citadas en el artículo 4, punto *d*) de las distintas órdenes de las Convocatorias (medioambiente, TICs, materiales y biotecnología).



## **4.2.**

# **Los indicadores de calidad de las Convocatorias de ayudas a empresas de la Comunidad de Madrid**

---

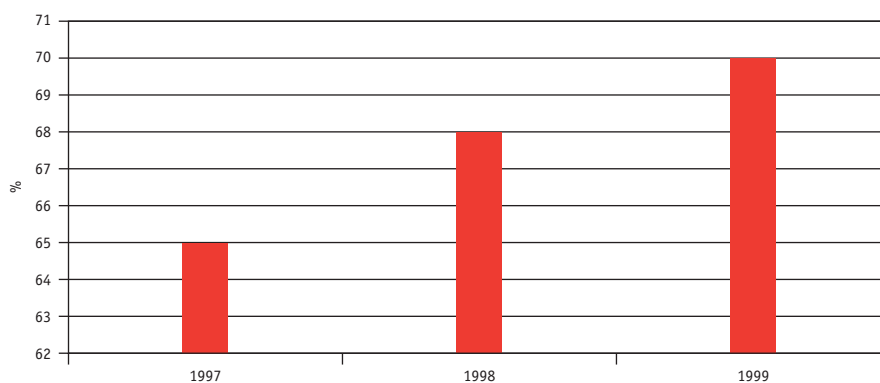


#### 4.2.1. INDICADORES DE CALIDAD DE LAS PROPUESTAS

La tabla 1 recoge, entre los indicadores de calidad de las propuestas, los relacionados con los criterios de evaluación científico-técnica establecidos en las diversas órdenes de las convocatorias. Entre éstos se encuentra la *capacidad científica y técnica de los equipos de trabajo implicados*. Para medir este indicador hemos analizado, en primer lugar, el porcentaje de proyectos llevados a cabo en las tres convocatorias con centros de investigación de excelencia. Este indicador resulta así coherente con el hecho de que el Programa de la Comunidad de Madrid está dirigido a PYMEs, por lo que se supone especialmente adecuada la transferencia de tecnología entre los Centros de investigación y éstas (figuras 16 y 17).

**FIGURA 16** INDICADOR DE CAPACIDAD CIENTÍFICA Y TÉCNICA DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO IMPLICADOS (A)

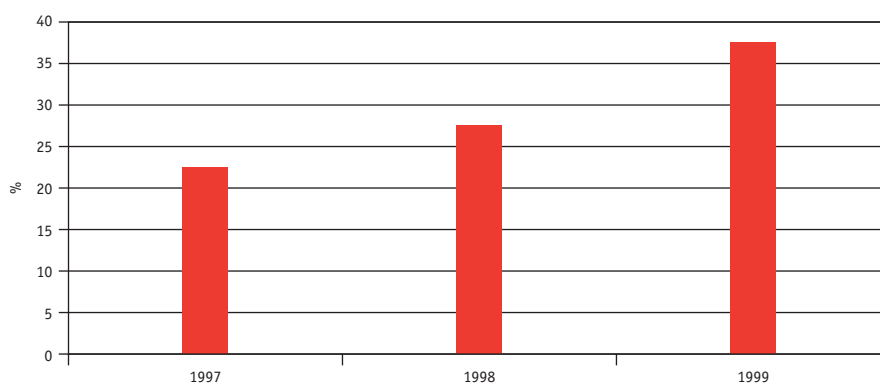
PROYECTOS DESARROLLADOS CON CENTROS PÚBLICOS DE I+D



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 17** INDICADOR DE CAPACIDAD CIENTÍFICA Y TÉCNICA DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO IMPLICADOS (B)

PORCENTAJE DE FINANCIACIÓN DESTINADO A LOS CENTROS DE I+D

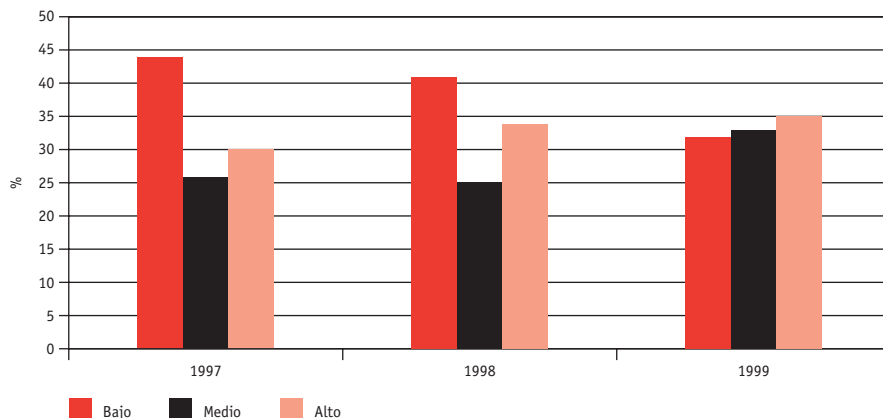


Fuente: Elaboración propia.

Dicha medida constata el hecho de que ya en la primera convocatoria de 1997, el porcentaje de proyectos con participación de centros de investigación de excelencia, fundamentalmente universidades, CSIC y OPIs, alcanzó el 65%. El indicador muestra, asimismo, un aumento ligero pero continuo a lo largo de los tres años de referencia, del 3,8% de tasa media anual equivalente, alcanzando un valor del 70% en la Convocatoria de 1999. Paralelamente, no sólo se ha incrementado el número de proyectos con soporte de centros de investigación, sino que también lo ha hecho el porcentaje medio de financiación destinado a los mismos (figura 17). Un segundo indicador de calidad de las propuestas tiene que ver con el *beneficio medioambiental previsto de los proyectos*, y como tal figura entre los criterios de evaluación científica y tecnológica de los impresos de evaluación empleados en las tres convocatorias

(tabla 1). De este modo, el análisis de este indicador lo hemos llevado a cabo recogiendo la valoración que se hizo en la evaluación de cada propuesta, en función de un baremo de previsión de impacto positivo o beneficio bajo, medio o alto (figura 18).

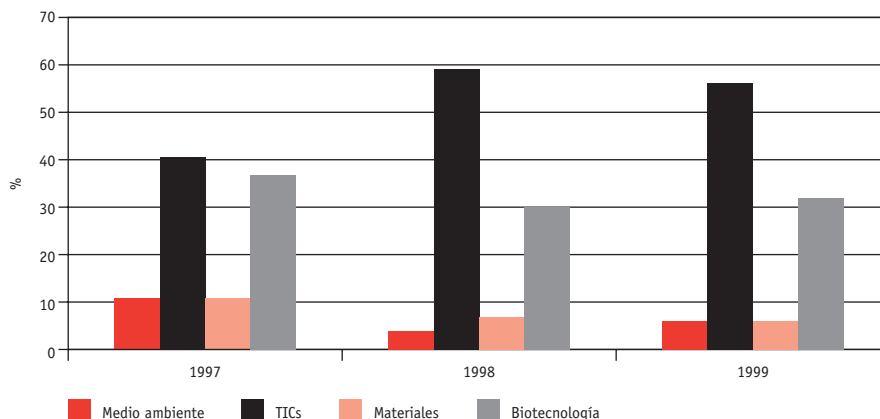
**FIGURA 18 INDICADOR DE BENEFICIO MEDIOAMBIENTAL PREVISTO DE LOS PROYECTOS**



Fuente: Elaboración propia.

Este segundo indicador muestra cómo el porcentaje de proyectos aprobados con un beneficio medioambiental previsto bajo, ha descendido de un 44% en 1997 a un 32% en 1999. Complementariamente se ha producido un incremento en el número de proyectos con un beneficio medioambiental previsto medio y alto. Estas cifras muestran de un modo evidente cómo en la mayor parte de los proyectos el beneficio previsto de los mismos sobre el medio ambiente ha entrado a formar parte, de una forma apreciable, de los criterios de prioridad para la preparación y posterior evaluación de los mismos. En este sentido, veremos en este mismo epígrafe que el indicador de resultados relacionado con *la mejora del impacto medioambiental* es coherente con este análisis. Un tercer indicador básico de calidad de las propuestas es *la integración de los proyectos en las áreas tecnológicas priorizadas* (tabla 3). Este indicador resulta, si acaso, más importante en la medida en que va a contribuir al conocimiento del grado de alineamiento temático e integración entre el Programa de ayudas a empresas de la Comunidad de Madrid y el resto de Programas nacionales y europeos. Para el análisis de este indicador agrupamos los sectores de empresas que realizan I+D de la figura 14 según las cuatro áreas tecnológicas priorizadas en el artículo 4 de las distintas órdenes de las convocatorias (figura 19).

**FIGURA 19 INDICADOR DE ADSCRIPCIÓN SECTORIAL DE LAS EMPRESAS INNOVADORAS DE MADRID**

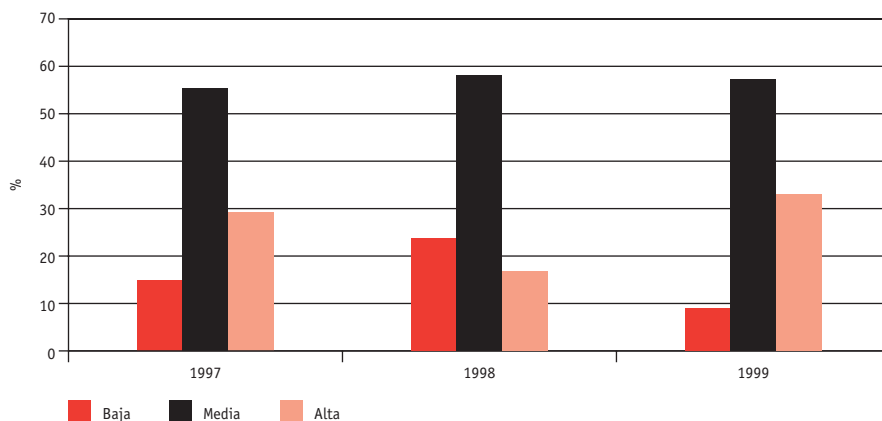


Fuente: Elaboración propia.

A partir de este indicador resulta patente un cierto protagonismo de los proyectos de Tecnologías de la Información, así como el porcentaje, más o menos estable, alrededor del 30%, de los proyectos encuadrados en el área biotecnológica. Por otro lado, se aprecia una estabilización en el número de proyectos medioambientales en valores en promedio del 6%. La aparente contradicción entre la mejora del beneficio medioambiental previsto a lo largo de las convocatorias, ya comentado, y la disminución del número de proyectos integrados en dicha área tecnológica, se resuelve por el hecho de que un buen número de proyectos encuadrados en el área tecnológica de TICs están destinados a resolver problemas medioambientales. Resulta asimismo significativo el pequeño porcentaje de proyectos encuadrados en el área de desarrollo de nuevos materiales, a pesar de la importancia dada a la misma en el IV PM, ATYCA y en los Planes Nacionales de Investigación Científica. Probablemente incida en este hecho el relativo pequeño tamaño de las empresas innovadoras de Madrid y su adscripción sectorial (figuras 5 y 6, respectivamente).

Un cuarto indicador relevante está relacionado con la integración del proyecto en un plan de negocio de base tecnológica (tabla 1). Este indicador resulta especialmente importante a partir de los diseños integradores del último Plan Regional, V PM y Planes Nacionales, en los que explícitamente se persigue difundir una cultura de la innovación entre las PYMEs. Para el análisis del indicador hemos empleado las evaluaciones científico-tecnológicas llevadas a cabo en cada convocatoria, utilizando un baremo de integración alta, media y baja (figura 20). Entendemos que una propuesta de I+D tiene una integración baja en un plan de negocios de base tecnológica cuando, o bien no presenta conexión alguna con la línea de productos de la empresa proponente, o cuando ni siquiera se conocen sus posibilidades industriales y de explotación comercial. Por otra parte, se entiende que un proyecto tiene una integración media en un plan de negocios de base tecnológica cuando su desarrollo constituye una línea de diversificación a dos o tres años de productos, procesos o servicios, con respecto a la línea vigente de la empresa. Finalmente, se estima en alto este indicador cuando el desarrollo de la propuesta supone mejoras en las prestaciones, calidad, fiabilidad de los componentes o realización de los procesos en las actuales familias de productos de la empresa. Quizá lo más interesante de este indicador sería destacar el hecho de que en todas las Convocatorias, alrededor de un 60% de las propuestas aprobadas se situaron en valores medios de integración con respecto a un plan de negocio de base tecnológica.

**FIGURA 20** INDICADOR DE INTEGRACIÓN DE LOS PROYECTOS EN UN PLAN DE NEGOCIO DE BASE TECNOLÓGICA



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. INDICADORES DE CALIDAD DE LOS RESULTADOS

Las distintas órdenes que han regulado las tres Convocatorias de ayudas a empresas para I+DT en la Comunidad de Madrid, han especificado en alguno de sus artículos el modo de llevar a cabo el seguimiento de los proyectos. En este sentido, desde la Convocatoria de 1997 el seguimiento se ha venido realizando mediante una Comisión Gestora formada por un Presidente (el Director General de Investigación), cuatro Vocales (expertos nombrados por el Director General de Investigación) y un Secretario (el Gerente de Innovación Tecnológica). De este modo, el artículo 13.3 de la Orden 1213/1999 (similar en las órdenes anteriores), especifica que dicha Comisión Gestora *se reunirá al inicio de cada proyecto y con una periodicidad posterior mínima de dos veces al año, dando audiencia a los representantes de cada una de las empresas beneficiarias y en caso de colaborar con un centro de investigación, a los investigadores responsables de cada proyecto*. Además, el artículo 13.5 concreta que *en el plazo máximo de dos meses desde la fecha de finalización del proyecto, la empresa responsable de la realización del mismo presentará ante la correspondiente Comisión Gestora un informe final en el que se expongan las actividades y resultados obtenidos*.

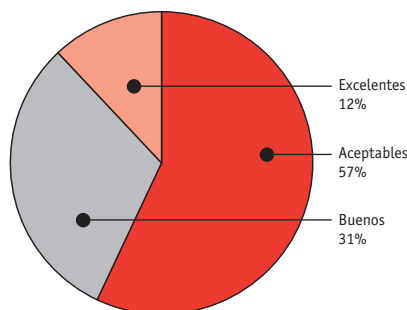
Abundando en esta línea, el III PRICIT especifica que el procedimiento que se llevará a cabo para el seguimiento de los proyectos financiados en el Programa 2.1 de ayudas a las PYMEs, básicamente consistirá en *la presentación de informes de actividad y económicos, anuales y otro final sobre su realización*. De este modo, está previsto en el Plan Regional que cuando el nivel de calidad implicado en los informes de dicha realización pueda tener un valor *estimulante* en cuanto a I+D, para otras empresas y proyectos, se difundirían los informes de modo adecuado. Además de lo indicado, conviene señalar que el tipo de seguimiento que se ha aplicado y se continuará aplicando sistemáticamente a todos los proyectos en curso de realización es el denominado proactivo, que consiste en un conjunto de visitas periódicas, a iniciativa de la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid, y en algún caso de la propia empresa, por personal de formación tecnológica y con conocimientos tanto de la empresa y de su sector como de los aspectos de la innovación tecnológica implícita en los proyectos. De este modo, se controla el desarrollo al tiempo que se ayuda a la empresa a decidir cuestiones vitales del proyecto, sugiriendo y reflexionando conjuntamente sobre las opciones técnica o logísticas del mismo.

Es en este contexto de control y ayuda a las empresas en el que se obtienen los indicadores de calidad de los resultados. Para ello, se han empleado dos fuentes. Por un lado, las evaluaciones finales sobre el grado de éxito alcanzado, emitidas por la Comisión Gestora correspondientes a los proyectos de la Convocatoria de 1997 (única cerrada actualmente), y, por otro la opinión de las propias empresas sobre los resultados alcanzados en los mismos.

Respecto a las evaluaciones finales de los resultados de los proyectos de la Convocatoria de 1997, parece oportuno traer aquí los comentarios desarrollados en el epígrafe 4.1.1, en referencia a la relación observada entre la evaluación inicial de los proyectos y la que han alcanzado finalmente. Se consideraba en dicho capítulo que, aunque las diferencias entre las evaluaciones iniciales y finales (evolucionan de buenos a sólo aceptables) se encuentran para dieciséis de ellos dentro de los valores de normalidad, debido a los factores de riesgo inherentes a la propia naturaleza de los proyectos, parece conveniente tratar de mejorar el binomio planificación tecnológica-seguimiento proactivo. En este sentido, las calificaciones finales se indican y desglosan en la figura 21.

FIGURA 21

RESULTADOS DADOS POR LA COMISIÓN GESTORA A LOS PROYECTOS  
TERMINADOS DE LA CONVOCATORIA DE 1997



Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de recoger la opinión de las empresas sobre los resultados alcanzados en los proyectos, en los meses de marzo, abril y mayo de 2000, se distribuyó entre las 26 empresas que han terminado los mismos una encuesta estructurada en seis apartados, que se envió por mensajero acompañada de una carta de presentación a los responsables de I+D, contestando a la misma la totalidad de las 26 empresas.

El primero y el segundo apartado de la encuesta se refieren a datos generales de la empresa y del proyecto, respectivamente. El tercer punto desarrolla cuestiones sobre los objetivos y resultados del proyecto, mientras que el cuarto y quinto apartados tratan de extraer la opinión de las empresas sobre las ayudas y procedimiento administrativos de la Comunidad de Madrid, así como sobre las posibles mejoras en los objetivos y contenido del Programa de ayudas, respectivamente (véase el capítulo 5 de Reflexiones finales).

El tercer punto se desglosa en dos apartados, cada uno con un cuestionario. En el primero de ellos (apartado 3.1), el responsable de I+D de cada empresa debe valorar los objetivos y resultados alcanzados en el proyecto a partir de la mejora lograda en el conocimiento tecnológico y los hábitos de innovación. Por otro lado, en el cuestionario del apartado 3.2, las empresas deben contestar a preguntas sobre la obtención de procesos nuevos o mejorados y su evolución en capacidad tecnológica específica. En todas estas cuestiones, las empresas deben valorar la importancia de las mismas como objetivo, así como evaluar en qué medida los resultados previstos y los alcanzados se han correlacionado en cada caso, es decir, las preguntas de los cuestionarios 3.1 y 3.2 están planteadas en términos de conocer si las mismas constituyeron objetivo para la empresa, y posteriormente determinar cómo han sido los resultados logrados en función de las previsiones que se hicieron.

A continuación, en la tabla 4A se especifican los indicadores del III PRICIT (véase tabla 3), junto al conjunto de preguntas correspondientes extraídas de los cuestionarios. La tabla 4A se refiere así al conjunto de las 26 empresas que han contestado al cuestionario, mientras que las tablas 4B, 4C, 4D y 4E, que se exponen en el Anexo II, muestran la misma información que la tabla 4A segmentada según que las empresas pertenezcan a las áreas de Medio Ambiente, TICs, Materiales o Biotecnología (Química-Farmacia-Agroalimentación), respectivamente. La intención que se persigue con esta estratificación es mostrar en la medida de lo posible una mayor consistencia en las tendencias.

**TABLA 4.A INDICADORES DE CALIDAD DE RESULTADOS DE TODOS LOS PROYECTOS DE LA CONVOCATORIA DE 1997**

Indicador III PRICIT	Preguntas correspondientes		Opinión de las empresas						
	Cuestionario	Cuestiones	N.º de respuestas	Objetivo (%)		N.º de respuestas	Resultados frente a los previstos (%)		
				Poco importante	Muy importante		Inferior	Igual	Mayor
1. Introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios	3.2	1. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	21	33	67	21	14	43	43
	3.2	2. Nuevos productos o mejora de los existentes .....	22	5	95	22	9	41	50
	3.2	3. Nuevos servicios o mejora de los existentes .....	22	45	55	21	14	62	24
2. Apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes	3.2	4. Incrementar las ventas.....	24	21	79	24	29	46	25
	3.2	5. Incrementar cuota de mercado .....	23	17	83	23	13	43	43
	3.2	6. Acceder a nuevos mercados	23	13	87	24	21	42	37
3. Nuevos investigadores incorporados a grupos de I+D	3.1	7. Incrementar el número de investigadores .....	24	88	12	22	9	86	5
4. Mejora de las capacidades productivas-reducción de costes de producción	3.2	8. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	21	33	67	21	14	43	43
	3.2	9. Mejora de la calidad total...	21	38	62	21	5	62	33
	3.2	10. Incrementar la productividad .....	20	35	65	20	14	65	20
	3.2	11. Incrementar márgenes de venta .....	20	61	39	20	25	65	10
5. N.º de proyectos en el IV PNID o el V PM	3.1	12. Complementar la estrategia de innovación participando en proyectos de I+D estatales o europeos .....	23	26	74	23	9	65	26
6. Mejora del impacto ambiental del proceso productivo	3.2	13. Mejora de la protección del ambiente .....	20	49	51	20	10	65	24

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se ha venido explicando, la metodología desarrollada de análisis de los resultados alcanzados por los proyectos de la Convocatoria de 1997, implica conocer el comportamiento de algunos de los indicadores de la tabla 3. En este sentido, la encuesta de referencia realizada durante los pasados meses de marzo, abril y mayo entre las 26 empresas que han finalizado proyectos de la Convocatoria de 1997, ha sido contestada, de tal modo que permite evaluar la evolución de dichos indicadores. Además, como también se ha comentado, las encuestas contestadas se han segmentado según los sectores priorizados en las diversas órdenes de las Convocatorias (Medio Ambiente, TICs, Materiales y Química-Farmacia-Agroalimentaria), lo que ha permitido alcanzar una mayor resolución en las tendencias seguidas por los indicadores.

El análisis conjunto de los objetivos en términos de la importancia asignada por las empresas con los resultados logrados, incluida la expectativa de los mismos, constituye sin duda un buen prólogo a las Reflexiones finales de este Documento. En este sentido, la tabla 4a nos indica el modo en que se han desglosado y relacionado a los indicadores del III PRICIT en las cuestiones planteadas en la encuesta. Se han desglosado únicamente los indicadores 1, 2 y 4 para aumentar su resolución, permaneciendo sin desglose el 3.º, 5.º y 6.º

El hecho de que los resultados del proyecto sirvan para la introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios (Indicador 1), constituye un objetivo importante o muy importante. Así, repasando conjuntamente las tablas 4A (conjunto de todas las empresas) y 4B, 4C, 4D y 4E (estratificaciones del conjunto anterior, Anexo II), se observa claramente que la cuestión es muy importante, adoptando especial relevancia en algunos segmentos los nuevos productos, en otros los nuevos procesos y en otros los nuevos servicios. De este modo, los resultados logrados en este indicador han sido en la mayor parte de los proyectos, similares o mejores que las expectativas en porcentajes parecidos. De hecho, sólo en unos pocos casos han sido inferiores los resultados de los proyectos, en términos de introducción en el mercado, respecto a las expectativas de las empresas.

Creemos que estos pocos casos de claras dificultades de correlacionar los resultados, unido a un sentimiento general entre las empresas de falta de la necesaria coordinación entre las Administraciones Públicas en relación con los esfuerzos de comercialización, genera lo que se ha denominado en las reflexiones finales importante preocupación respecto a la comercialización.

En este sentido, el Indicador 2, relativo a la apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes, tiene un comportamiento parecido al descrito para el Indicador 1, pudiéndose afirmar que en este caso los resultados de los proyectos se han considerado objetivo importante o muy importante. En este Indicador 2, al tener el grado de importancia de las tres cuestiones de la encuesta menor relación con la naturaleza de la actividad empresarial (áreas de actividad de Medio Ambiente, TICs, Materiales y Química-Farmacia-Agroalimentaria), la necesidad de estratificar se hace menos patente que en el Indicador 1. En cuanto a los resultados logrados, han sido fundamentalmente iguales a los previstos, lo que equivale a decir que son notablemente mejorables. De este modo, en este segundo Indicador cobra todo su sentido la reflexión final sobre ayudas a la comercialización y financiación.

Por otro lado, las empresas han considerado que el tercer Indicador, relativo a la incorporación de nuevos investigadores, no constituye un objetivo importante en términos de calidad de los resultados. Ésta es una cuestión de difícil análisis, y quizás se necesite una mayor perspectiva derivada del análisis de las sucesivas Convocatorias, para conocer mejor el sentir de las empresas encuestadas. En todo caso, la actual encuesta indica una opinión bastante rotunda, pues con un nivel de significación del 92%, un 88% de las empresas ha opinado que el disponer de nuevos investigadores era un objetivo poco importante. También de un modo bastante claro se ratifican en ello en términos de resultados logrados respecto a los previstos. El Indicador de calidad de resultados de los proyectos número 4, que postula la obtención de mejoras de las capacidades productivas o bien la reducción de los costes de producción como consecuencia todo ello de dichos resultados, no ha obtenido una consideración clara en cuanto a su grado de importancia por parte de las empresas.

Aun teniendo un nivel de significación elevado, 79%, como se deduce del hecho de que las cuatro cuestiones del indicador hayan respondido entre 20 y 21 empresas del total de 26, lo

cierto es que, salvo en el estrato de materiales, con matices, la consideración de las empresas respecto al indicador varía en su apreciación del grado de importancia. Existe una excepción al respecto en el estrato o segmento de materiales, en el sentido de que una empresa sobre dos de las cuestiones planteadas afirma que éstas son muy importantes, pero no opina sobre las otras dos cuestiones de este cuarto indicador. Los resultados logrados han sido fundamentalmente iguales a los previstos, con una ligera desviación hacia mejores resultados frente a los previstos en el segmento de materiales.

El Indicador número 5 ha sido interpretado por las empresas en el sentido de que la preparación de proyectos para la Convocatoria de la Comunidad de Madrid, y sobre todo los resultados obtenidos en los proyectos, ha permitido a las empresas organizar la estrategia de innovación, complementando dicho proyecto con otros presentados al IV Programa Marco de la UE. En dicho sentido, este indicador ha sido considerado como muy importante por el 74% del total de las empresas que respondieron al cuestionario (23 empresas u 88% de significación). Los resultados logrados en este sentido han sido sustancialmente iguales a los previstos. Con respecto al último indicador de calidad –relativo a la importancia que las empresas asignan a las mejoras del impacto ambiental del proceso productivo o de modo más general a la protección del medio ambiente– como consecuencia todo ello de los resultados del Proyecto, los datos agregados de la encuesta (tabla 4A), no indican de forma clara el grado de importancia que las empresas asignan al mismo. Hay que recurrir a los datos de la encuesta estratificada (tablas 4B, 4C, 5D), para detectar de forma clara la opinión de las empresas. Las empresas Tic opinan en un 85% que es poco importante, mientras que el resto de las empresas consideran casi en su totalidad justo lo contrario, es decir, que los resultados de los Proyectos son importantes para la mejora del impacto ambiental. En cuanto a los resultados logrados frente a los previstos podría decirse que para la mayor parte de las empresas son similares.



## 5. Reflexiones finales

---



Estas reflexiones finales están construidas, como no podría ser de otro modo, sobre el conjunto de relaciones, análisis y buenas prácticas que se han ido señalando en los capítulos anteriores, y tienen que ver únicamente con el mejor modo de organizar los recursos públicos en convocatorias de I+DT para pequeñas y medianas empresas. Naturalmente, esta estrategia es parte de una más amplia destinada a la promoción de la I+DT en la Comunidad de Madrid. Señalamos, pues, que este conjunto de reflexiones tiene diversas procedencias y campos de aplicación, al tiempo que una indudable convergencia de todas ellas, lógicamente con las líneas de actuación del III PRICIT (véase apartado 2.2).

De modo concreto hemos de referirnos a las reflexiones que surgen al hilo de los procesos de evaluación de propuestas en las tres convocatorias analizadas, y sobre todo en la de 1997, para la que se han podido aplicar indicadores de calidad de las propuestas y también de los resultados. En este sentido, las propuestas se han analizado, y en nuestra opinión debe seguirse haciendo, sobre la base de que es improbable que un buen proyecto esté dentro de una mala propuesta (apartado 4.1 de este Documento). Los criterios utilizados, por tanto, han tratado de promover el rigor expositivo de las propuestas, un grado de novedad consistente con la capacidad industrial de servicios real de la empresa proponente y una utilización de medios humanos y materiales adecuada a los objetivos del proyecto. Estos criterios indicados creemos que, adecuadamente ponderados, permiten fomentar y desarrollar la capacidad tecnológica de las empresas, e incluso un cierto reforzamiento del tejido industrial sectorial cuando se contemplan aspectos de priorización, como los indicados en los artículos correspondientes de las Convocatorias.

A pesar de ello, somos conscientes de que en ningún caso una buena propuesta garantiza que se disponga de los medios necesarios para resolver con éxito los riesgos y dificultades de todo proyecto de I+DT, y lo que es más importante, terminarlo con éxito técnico y comercial. Por esta razón, aprovechamos una vez más para recordar la importancia de una planificación tecnológica cuidadosa por parte de la empresa tan pronto se inicia el proyecto, así como de un seguimiento proactivo de la Dirección General de Investigación en este caso, para darle continuidad y reforzar de modo definitivo la bondad inicial de una propuesta.

Simultáneamente se han sostenido, y pensamos que debe seguirse en esa línea, criterios que posibiliten la incidencia positiva de los resultados de los proyectos del modo más directo posible sobre la sociedad. En este sentido pensamos que la forma en que se han venido interpretando estos criterios por parte de las empresas que han presentado propuestas, así como el modo en que los han aplicado los evaluadores, ha influido de algún modo en la evolución aun discreta de la calidad observada a lo largo de las Convocatorias, como indica la figura 13. De este modo, y tal como se ha señalado anteriormente, la calidad de las propuestas es normalmente condición necesaria para que exista un buen proyecto, aunque los indicadores de calidad de las propuestas no son un objetivo en sí mismos, sino un medio para asegurar que el dinero público se está utilizando en proyectos con éxito. Por este motivo, en el apartado 4.2.1 se ha recogido la evolución de los mismos a lo largo de las tres Convocatorias, pudiendo constatarse la tendencia positiva en la evolución de dichos indicadores (figuras 16 a 20). De modo particular hay que subrayar la necesidad de hacer esfuerzos en el sentido que continúe aumentando el universo de proyectos aprobados que tienen cada vez una mayor integración en los planes de negocio de base tecnológica (figura 20).

Sin embargo, se requieren otra serie de circunstancias favorecedoras dentro de las empresas, junto a líneas de actuación de estrategia tecnológica e industrial, como las recogidas por el III PRICIT, para que se consolide una cierta seguridad en el buen uso y en el rendimiento de estos recursos públicos, generándose pautas permanentes de buenas prácticas para la I+DT de las empresas.

*La primera de las circunstancias favorecedoras aludidas tiene que ver, en opinión de las empresas, con el esquema de seguimiento adoptado.* De esta forma, y a diferencia del esquema adoptado en Programas de otras AA.PP., en este programa de PYMEs de la Comunidad de Madrid se está utilizando un plan de reuniones periódicas entre expertos de la Comunidad de Madrid y de las empresas, que combinado con informes de evolución, permite controlar de modo efectivo el proyecto al tiempo que se ayuda a las empresas con consejos especializados y, por tanto, útiles (seguimiento proactivo).

En este sentido, en la encuesta realizada con las 26 empresas que han finalizado con éxito sus proyectos de 1997, se ha recogido la opinión de las mismas respecto a los procedimientos administrativos y de seguimiento de los proyectos. *De este modo, existe una opinión muy favorable (el 80% de las empresas muestran un nivel alto de satisfacción) respecto al control y métodos de seguimiento administrativo.* Al mismo tiempo hemos constatado unanimidad respecto a la idoneidad del plan de visitas y de seguimiento, que podríamos denominar sin duda de proactivo. En este sentido, algunas empresas, un 20% del total encuestado, han manifestado claramente que gracias al sistema de reuniones con expertos de la Comunidad de Madrid *han podido reorientar positivamente el proyecto en la fase de especificaciones, o incluso durante su realización.*

*Una segunda circunstancia favorecedora tiene que ver con la financiación, sin duda amplia o generosa, que este plan de I+DT de la Comunidad de Madrid para PYMEs dotó a las empresas de la Convocatoria de 1997, que en media alcanzó un porcentaje del 31% de sus presupuestos.* Siendo esto importante, aún lo es más el hecho de que a lo largo de las Convocatorias ha permanecido constante, con cierta tendencia a ligeros incrementos, el porcentaje de proyectos aprobados con ayudas altas (figuras 9, 11 y 14).

Necesitaremos analizar los resultados de los proyectos de las otras Convocatorias a medida que hayan finalizado, con el fin de obtener una perspectiva más amplia. Nuestras primeras observaciones nos indican, sin embargo, que una vez que se dispone de criterios de evaluación adecuados y de procedimientos de seguimiento y monitorización proactivos y personalizados, *que al tiempo que eficaces para el control ayudan a las empresas,* parece positivo que la cuantía de las ayudas sea suficiente para abordar con decisión los presupuestos de I+DT.

La encuesta dirigida a las 26 empresas que han finalizado proyectos del año 1997 ha querido también incidir en este aspecto. Por esta razón se les ha dirigido la siguiente pregunta: en el caso de que no hubiesen obtenido ayudas de la Dirección General de Investigación, ¿habrían iniciado el proyecto con recursos propios? La pregunta tenía una segunda parte dirigida a empresas que habrían abordado propuestas (65%) únicamente con recursos propios. De este modo, se trata de conocer si los objetivos, duración y presupuesto habrían sido los mismos, o si por el contrario el planteamiento del proyecto hubiese sido más restringido. En este sentido, de este 65% casi el 80% de las empresas ha contestado afirmativamente.

En cualquier caso, no todo es positivo en estas reflexiones finales, sino que hemos de reflejar *una importante preocupación* de las PYMEs, detectada en las reuniones de seguimiento y más tarde contestada en la encuesta por las 26 empresas de la Convocatoria de 1997, *en relación con la capacidad de lanzamiento de productos, comercialización, obtención de avales en condiciones favorables y de financiación en general.* De este modo, un 80% de las 26 empresas encuestadas (21 empresas) afirma tener al menos uno de los diversos tipos de problemas señalados, mientras que un 40% (10 empresas) señalan dificultades combinadas de financiación y comercialización.

Como hemos venido subrayando, nuestra insistencia en este Documento, y sobre todo en estas reflexiones finales, tiene el objetivo de plantear sugerencias y recomendaciones para aumentar el rendimiento y la eficacia social de los recursos públicos que la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid aplica al Programa de I+DT de PYMEs. En este contexto, creemos que un buen porcentaje de los proyectos que concluyen satisfactoriamente son susceptibles de ser organizados en planes de negocio que merecerían la aprobación de departamentos económicos u organizaciones de comercialización y financiación. Se requiere así una mayor colaboración con organizaciones de interface entre el ámbito tecnológico y el empresarial o de negocios. En este sentido, esperamos que información como la contenida en este Documento contribuya a establecer dicha colaboración a favor del robustecimiento de negocios de base tecnológica en la Comunidad de Madrid.

Como reflexión final incluimos en el Anexo V algunas recomendaciones útiles sobre el modo en que deben de plantearse y organizarse los proyectos por parte de las empresas, para que además de obtener una buena calificación técnica, contengan el rigor expositivo y la planificación de medios inherente a un buen proyecto.

## **6. Algunos ejemplos de proyectos realizados**

---



En las siguientes páginas se recogen las monografías de ocho proyectos de la Convocatoria de 1997 que finalizaron con una calificación final de bueno o excelente. La mayor parte de dichos proyectos (6) se encuadran en el sector de TICs, uno de ellos es un proyecto de Química-Farmacia-Agroalimentaria, y otro es un proyecto de materiales.

Los ocho proyectos comentados en este epígrafe constituyen ejemplos de innovaciones, no sólo por llevar a cabo con éxito la I+DT necesaria para lograr el objetivo técnico o el prototipo previsto, sino porque durante el desarrollo del proyecto han tratado de realizar un proceso de innovación global o de adaptación en la empresa que ha posibilitado el que se haya aprovechado más ampliamente los resultados del mismo.

## ALCALAGRES, S.A.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

La primera experiencia que se describe en este Documento corresponde al proyecto de I+DT de la empresa madrileña ALCALAGRES, destinado a la *clasificación y control de calidad de baldosas de gres porcelánico, según texturas y tonos de color por medio de un sistema de visión artificial*. La historia empresarial de ALCALAGRES nace en 1985 en el seno del grupo CENTUNION, con una larga y definida vocación de ingeniería. En 1989, con un sentido innovador importante, la empresa inicia la explotación de una Planta Cerámica para la producción de gres porcelánico cerca del municipio madrileño de Alcalá de Henares (alejada, por tanto, del tradicional *cluster* azulejero de la provincia de Castellón), con una capacidad de producción de 10.000 m<sup>2</sup>/día de baldosas.

En la actualidad, ALCALAGRES cuenta con una plantilla creciente de 217 personas, 19 de ellas titulados superiores. La facturación de la empresa en el mercado nacional ha experimentado en el quinquenio 1991-1995 un crecimiento de casi un 300%, lo que lleva a estimar en un 30% la cuota que mantiene actualmente la empresa en el mercado español de gres porcelánico. Por otro lado, la empresa exporta a más de 60 países, principalmente de la UE, Sudeste Asiático y las dos Américas. En este sentido, la exportación ha tenido un crecimiento sostenido año tras año, pasando de un 17,7% de la facturación en términos de producción en el ejercicio de 1990, a un 54,3% en 1996.

La Planta de ALCALAGRES produce baldosas de gres porcelánico, un material de altas prestaciones tecnológicas y estéticas, en dos grados de acabado: el *Gres porcelánico natural*, es decir, baldosas cerámicas de distintos modelos, formatos y tamaños, elaboradas a partir de mezclas de tierras atomizadas que se presan y cuecen a altas temperaturas (1.250 °C), produciendo una vitrificación de toda la masa de la baldosa, y constituyendo de este modo sin más tratamientos un producto final, y el *Gres porcelánico pulido*: losetas que tienen su origen en el gres natural citado, que son objeto de un proceso de pulimentado por abrasión. Entre las importantes cualidades del gres porcelánico destacan especialmente su gran resistencia mecánica y altas prestaciones antiabrasión, que hacen del mismo un material óptimo para suelos de gran tránsito peatonal o sometidos a un gran desgaste por rozamiento o rodadura. Además, su muy bajo coeficiente de absorción de agua e inalterabilidad al ataque por sustancias y reactivos químicos, distintos del ácido fluorhídrico, posibilitan su instalación en áreas exteriores con muy bajas temperaturas o sujetas a fuerte corrosión por diversos agentes.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de abordar el proyecto surgió como consecuencia de la exigencia para la empresa de catalogar en diferentes clases las distintas baldosas producidas, según se apreciaran en ellas defectos u otras pequeñas imperfecciones de apariencia superficial, o simplemente por la detección de lotes de ellas que, aún producidas sin mácula, eran distintas entre sí, ya que, aparte de las características mecánicas y físico-químicas que se le exigen al gres porcelánico, se le presume asimismo homogeneidad en la apariencia externa.

En este sentido, aunque algunos son aspectos de difícil objetivación, el sistema visual humano puede diferenciar diversos elementos de apariencia de las baldosas, tales como los defectos superficiales, la textura y los tonos de color. Por esta razón, el sector cerámico, tanto para los productos cocidos o esmaltados como para el gres porcelánico, ha venido tradicionalmente solventando el problema de la clasificación de determinadas propiedades superficiales del producto final mediante el recurso a personas con una cierta especialización. Sin embargo, este método de inspección de las piezas cerámicas con medios humanos lleva consigo una serie de consecuencias negativas, cuyo denominador común se resume en una relativa incertidumbre en la clasificación de las mismas, derivada de la subjetividad de la persona que realiza la función inspectora, cuya percepción y agudeza visual es propia e intransferible, siendo susceptible de variación no sólo de unas personas a otras, sino que cambia también dentro de una misma persona, según los modelos de piezas que examine y otras causas no perceptibles (psico-físicas,



ambientales, etc.). Además, la capacidad del cerebro humano para mantener simultáneamente *en memoria* un conjunto amplio de imágenes de baldosas con diferentes matices de color y textura es relativamente limitada.

Para vencer estos problemas que planteaba el sistema de clasificación de baldosas por medios humanos, se precisaba otro sistema, que efectuase un control de calidad estable, seleccionando el material según las normas establecidas y eliminando así la subjetividad del personal clasificador y la problemática de la inspección visual. De este modo, el sistema a desarrollar debía reunir unos requisitos imprescindibles que lo convirtieran en un elemento de control de calidad sistemático, homogéneo y objetivo, adaptado al entorno productivo existente.

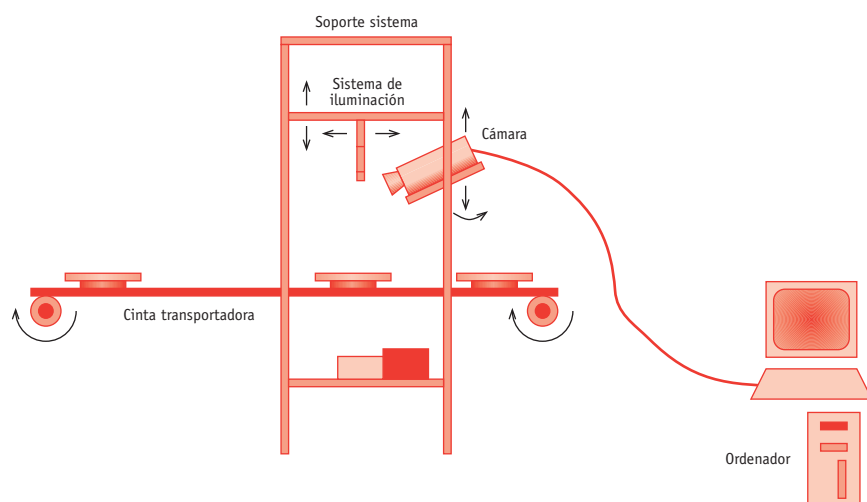
En este sentido, ALCALAGRES concibió desarrollar un prototipo preindustrial de sistema de visión artificial, capaz de realizar labores de inspección visual automática, y actuar así como clasificador fuera de la línea de producción, de tal modo que pudiera convertirse en un instrumento patrón de todas las líneas de inspección de baldosas pulidas.

Para llevar a cabo este proyecto la empresa contó con la colaboración del Centre de Visió per Computador (CVC), perteneciente a la Universidad Autònoma de Barcelona. El CVC posee una gran experiencia en la investigación y los desarrollos industriales de aplicaciones de visión artificial, destacando las soluciones *a medida* realizadas para la industria, el sector biomédico, medio ambiente, etc. En el momento de comenzar el proyecto, el CVC mantenía una plantilla de investigadores y personal colaborador y auxiliar de más de 35 personas, con una importante infraestructura en equipos e instalaciones.

Las especificaciones iniciales que se habían definido en la propuesta inicial del Proyecto se llevaron a cabo satisfactoriamente a lo largo de la ejecución del mismo, suponiendo el desarrollo de una serie de elementos básicos para el sistema de visión artificial (véase figura) fundamentalmente los siguientes:

- Un sistema de iluminación uniforme contenido en un recinto que permite asegurar una distribución regular de la luz.
- Un equipo de adquisición de imágenes en color de alta resolución.
- Una placa para la digitalización y el análisis de las imágenes captadas, anexa a un ordenador que actúa de interfaz con el usuario en un entorno amigable de ventanas, controlando toda la adquisición de datos y su procesamiento.
- El software necesario para procesar, calcular algoritmos y discriminar las piezas conforme a los parámetros de clasificación establecidos.
- Un conjunto de instalaciones mecánicas y eléctricas conexas.

#### ESQUEMA DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL



Fuente: Informe CVC, abril, 1998.

De este modo se alcanzaban los dos objetivos principales que la empresa se había impuesto lograr en el corto plazo, es decir, conseguir clasificar las baldosas de gres porcelánico de una manera objetiva y homogénea, asegurando la repetitividad en el análisis y la discriminación de las piezas y garantizando, por tanto, un adecuado control de calidad, y confeccionar un catálogo histórico de tonos para su comparación con los tonos de producción, pudiendo así optimizar la gestión comercial y el espacio de almacenes, al suprimir materiales de tonos redundantes.

El logro de estos dos objetivos básicos pasaba por alcanzar cuatro hitos intermedios: definición y montaje de un sistema de adquisición de las imágenes de las baldosas, definición y desarrollo de medidas computacionales del color, definición y desarrollo de medidas computacionales de la textura y validación de los resultados.

En el primer hito se logró que el sistema fuese capaz de adquirir imágenes con alta resolución y calidades de color de 12 bits por canal, que permitieron adquirir rangos de hasta 68.000 millones colores.

Por otro lado, el hito 2, de *definición y desarrollo de un conjunto de medidas computacionales del color*, requirió una segmentación previa de todos los colores que hay en un modelo de baldosa. Esta segmentación se realizó con la aplicación de un método de clasificación en el espacio de color RGB, iniciado con los colores básicos de cada modelo.

Por último, el hito 4, de *validación de los resultados obtenidos*, fue llevado a cabo en dos fases. En la primera se validó en el laboratorio utilizando métodos con capacidad de aprendizaje, a partir de muestras preparadas por el personal de ALCALAGRES. Considerando la clasificación realizada por los operadores humanos, se utilizó un método de análisis discriminante basado en el uso de Coeficientes de Fisher. Esta validación sirvió para valorar el comportamiento de las medidas seleccionadas y ajustar el conjunto básico necesario para la clasificación. Por otro lado, en una segunda fase, la validación del prototipo final se llevó a cabo en la empresa utilizando una única baldosa como representante de cada tono.

#### **RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y EMPRESARIALES DEL PROYECTO**

Tal como se ha explicado, la realización de este proyecto, dentro del Programa de ayudas a empresas de la CM, ha aportado a ALCALAGRES un prototipo pionero en la industria cerámica española de sistema de visión artificial, que integra equipos y componentes para la adquisición digital de imágenes en color, junto con un software adaptado a la línea de producción de la empresa para la clasificación del gres porcelánico, basado en la clasificación por tonos realizada por su personal especializado.

Asimismo, del proyecto se ha derivado un conjunto de resultados científicos y técnicos, que se pueden resumir en la definición de nuevos algoritmos de constancia de color y de corrección espacial de la imagen, en la representación conjunta de textura y color basada en descripciones de operadores humanos especializados, en la experimentación y validación lograda con un conjunto de técnicas basadas en la descomposición sobre esquemas multiresolución y finalmente en la integración en un único sistema de un amplio conjunto de componentes para la adquisición en color, con el correspondiente análisis de la interacción entre estos componentes.

Finalmente, cabe destacar que los objetivos del Proyecto de ALCALAGRES se enmarcaban plenamente en el III PNID y en el IV PM de la UE. En el primer caso, el Programa Nacional de Tecnologías Avanzadas de la Producción consideraba, dentro de su apartado 7.2 de *Control de calidad mediante visión artificial*, una categoría de actuaciones muy ajustadas a este Proyecto, a las que calificaba como de fundamental importancia en los sistemas de producción, en la medida en que tales desarrollos de visión artificial resultasen necesarios para garantizar la calidad del producto. Respecto al IV PM, en el mes de mayo de 1997 ALCALAGRES estableció un convenio de colaboración con la firma italiana D'APPOLONIA, S.P.A., mediante el cual la empresa española se integraba en el desarrollo de un proyecto multinacional para la detección en tiempo real de defectos en baldosas cerámicas, incardinado en el Programa de Tecnologías Industriales y de Materiales Brite-Euram III del IV PM.

## FAPLISA

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

El segundo caso de éxito analizado en este Documento es el Proyecto de la empresa Fabricación y Aplicación de Pinturas Especiales, S.A. (FAPLISA), destinado al *desarrollo tecnológico y construcción de un prototipo de simulador para marcas viales y sus elementos auxiliares, para mejora de la seguridad vial.*

FAPLISA se constituyó en diciembre de 1979 con la idea de dar una adecuada respuesta a las necesidades de nuevos desarrollos en el mercado de los productos para la señalización horizontal, y satisfacer así las necesidades de abastecimiento de las empresas aplicadoras de estos productos en el mercado español.

Desde el primer momento, FAPLISA orientó sus esfuerzos y su actividad a la puesta a punto de productos que aportaran mejoras sustanciales respecto de los que se utilizaban habitualmente en el mercado, así como al desarrollo de otros de características diferentes, como los termoplásticos aplicados en caliente, de uso habitual en numerosos países de Europa.

En este sentido, la empresa siempre ha entendido la innovación como un proceso continuo de incorporación de nuevos factores, procesos, materiales, servicios y actitud permanente de adaptación a las nuevas realidades del mercado, que le llevaron a definir e implantar en 1996 un Sistema de Aseguramiento de la Calidad, de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 9002, de manera que todos los procesos de fabricación, control de productos, ventas y atención al cliente fueran sometidos a examen, reflexión y redefiniciones periódicas. Asimismo, en 1998 la empresa finalizó la implantación de un Sistema de Gestión Medioambiental de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 14001.

FAPLISA realiza su actividad en una planta propia con un alto grado de automatización en los procesos, asentada sobre una superficie de 6.000 m<sup>2</sup> en el polígono industrial de Los Gallegos, en Fuenlabrada, Madrid, con una capacidad de producción de más de 20.000 t/año.

Actualmente la empresa es uno de los líderes del mercado en España de pinturas para marcas viales, manteniendo una cuota de aproximadamente el 20% del mercado español de pinturas termoplásticas de aplicación por calor.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de abordar el Proyecto surgió como consecuencia de la exigencia de certificación que definieron las legislaciones española y comunitaria en el ámbito de los materiales de señalización horizontal, según las cuales resultaba imprescindible la realización sobre las marcas viales del ensayo de durabilidad definido por la norma UNE 135-200, parte 3.

La importancia de las marcas viales como elementos de señalización se pone de relieve en el hecho de que constituyen la forma de mensaje horizontal más simple, al no tener texto, siendo especialmente relevantes bajo circunstancias de visibilidad crítica, como ocurre de noche, cuando el conductor centra su vista sobre los mensajes que provienen de la propia carretera, al reducirse su ángulo de visión. Asimismo, tal y como han demostrado los seguimientos de la Federal Highways Administration norteamericana durante los años setenta y ochenta, dentro de todos los equipamientos de la carretera que tienen por finalidad la mejora de la seguridad del tráfico, es la señalización horizontal la que mejor relación coste/beneficio presenta. En este mismo sentido se manifestaba la CE en su Comunicación al Consejo de 9 de junio de 1993 (COM, 93-246 final), en su punto 4.2.5.

De este modo, el Real Decreto 1630/92 adaptaba las disposiciones de la Directiva de la CE 897106/CEE, relativa a las características armonizadas de visibilidad diurna, nocturna, resistencia al deslizamiento y durabilidad, que debían cumplir los productos de señalización horizontal, así como el proceso de evaluación de los mismos.

Dicho proceso se basaba en una precualificación de los materiales mediante un importante número de ensayos en laboratorio, para lo cual la tecnología disponible en las empresas solicitantes estaba ya suficientemente adaptada a los requisitos exigidos. Sin embargo, la experiencia demostraba que los ensayos de laboratorio no eran capaces de evaluar el comportamiento de las marcas viales bajo las diferentes situaciones de tipos de carretera, nivel

de tráfico, pluviosidad, radiación ultravioleta, temperatura, etc., debido a que la característica de durabilidad de la marca vial no dependía de sus componentes (pintura, microesferas de vidrio y agregados antideslizantes) por separado, sino que era fundamentalmente función de cómo se había construido la marca vial *in situ*.

Por esta razón, tanto a nivel comunitario como a nivel nacional, se estableció un ensayo de durabilidad que fuera capaz de discriminar estos comportamientos. En este sentido, el Comité Español de Normalización desarrolló la norma UNE 135-200 Parte 3, en la que se especificaban las características que debían reunir los aparatos utilizados como simuladores de desgaste, las condiciones de aplicación, los parámetros a evaluar, la frecuencia de los ensayos y la presentación de resultados.

Resultaba obvio que para ensayar las marcas viales era necesario construirlas en el laboratorio de la misma forma en que se aplicaban sobre la carretera, para de este modo reproducir sus dosificaciones, forma de aplicación y consecuentemente el grado de hundimiento de las partículas agregadas a la pintura base, parámetro básico en la resistencia de las marcas viales a la acción de cizalladura de los neumáticos de los vehículos.

Hasta el momento de la realización del prototipo objeto de este Proyecto, los ensayos que se realizaban estaban basados en la aplicación de los materiales sobre carreteras abiertas al tráfico real. Este método presentaba muy baja o nula repetibilidad, debido a que las condiciones de aplicación de una línea transversal en carretera abierta carecían del control de unas condiciones de laboratorio, y las condiciones de tráfico de las carreteras sólo eran conocidas como valores medios. Además, el tiempo de respuesta, que puede ser incluso de 500.000 pasos de rueda, se conseguía solamente al cabo de uno o dos años, y siempre teniendo en cuenta las cambiantes condiciones meteorológicas, que tanto afectan a las marcas viales.

Durante el período de normalización, particularmente entre 1994 y 1996, se habían desarrollado en Alemania y el Reino Unido dos modelos de simulador de desgaste basados en reproducir y repetir consecutivamente el paso de ruedas comerciales, con cargas similares a las de un coche en condiciones controladas. En el modelo británico eran las ruedas las que giraban sobre una plataforma fija, mientras que en el modelo alemán las ruedas estaban fijas y era la plataforma la que giraba. Los resultados obtenidos variaban entre ellas, aunque se llegó a probar el modelo alemán como más repetitivo, según las experiencias desarrolladas por la International Road Federation en 1995. Sin embargo, estos modelos fueron desarrollados como prototipos dentro de cada país, y no se comercializaban.

Por otra parte, existen especificidades propias de las carreteras españolas que no se reproducían en los modelos alemán e inglés, como son las condiciones meteorológicas (sobre todo la radiación ultravioleta) y especialmente la gran diferencia de pavimentos y asfaltos empleados en España con respecto a otros países europeos.

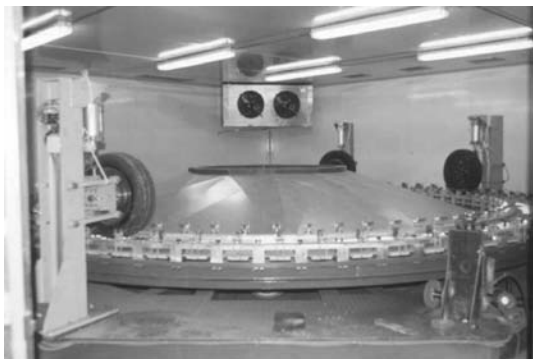
En consecuencia, para que FAPLISA pudiera comercializar sus productos en Europa, incluso en España, y competir así con el resto de los países, se hacía necesario someterlos a este tipo de ensayo. La posibilidad más próxima era la del equipo alemán, pero no parecía que fuera la mejor solución. Por esta razón se acometió este proyecto, con la intención de proveer al mercado nacional de su propio equipo de ensayo adaptado a las condiciones específicas españolas, y ponerlo a continuación a disposición pública certificado por ENAC, basándose en la norma UNE-EN-ISO 45000.

El proyecto consistía en crear un equipo y los elementos auxiliares necesarios para llevar a cabo, con garantía y repetibilidad, un ensayo de simulación de desgaste de una marca vial que habría sido aplicada reproduciendo las condiciones reales utilizadas en las carreteras por una máquina industrial.

El proyecto se contemplaba desde la perspectiva de la norma UNE 135-200 Parte 3 y de la norma europea WI.0026020, y en este sentido el desarrollo que se llevó a cabo siguió las especificaciones marcadas por dichas normas.

De este modo se procedió a **la construcción y validación de las probetas de aglomerado**, con las características descritas en la norma UNE 135-200/3 anexo H.

Para llevar a cabo **la aplicación controlada y posterior control de las dosificaciones** se construyó una pista de aproximadamente 20 metros de longitud, absolutamente plana, sobre la que se



Prototipo de simulador de durabilidad de marcas viales desarrollado por FAPLISA.

colocaron unos raíles de vía estrecha, menor de un metro. Sobre el recorrido de la plataforma se fijaron unos alojamientos, para colocar las probetas metálicas de control y las de aglomerado asfáltico para ensayo. Estas probetas debían estar todas al mismo nivel, de tal modo que los anchos de línea producidos fueran los mismos, y en consecuencia las dosificaciones fuesen homogéneas. Por esta razón, esos alojamientos debían disponer de los ajustes necesarios para que, en caso de que las probetas mostraran alguna irregularidad en su grosor, pudiera ser ésta compensada. El diseño inicial preveía montar sobre los raíles una vagoneta o carro con accesorios y soportes (pintura, esferas reflectantes y partículas antideslizantes) de uso variable, con el fin de instalar sobre ella los distintos tipos de aplicadores que se requerían en cada caso. Sin embargo, finalmente se decidió cambiar el

criterio de desplazamiento de la vagoneta por encima de las probetas, y se optó por mantener a la misma quieta y que fueran las probetas las que circularan por debajo mediante una plataforma móvil. Por otro lado, el control de la dosificación requería determinar con la mayor exactitud el caudal suministrado por los aplicadores en cada aplicación. Por esta razón se decidió emplear un caudalímetro de Coriolis para los productos líquidos, gravimetría para los sólidos y una electrónica avanzada para el control del conjunto.

Desde el momento de especificar el proyecto había quedado clara la necesidad de **condicionar las probetas**, con el fin de poder ensayar la durabilidad de la marca vial. En este sentido, las probetas debían ser sometidas a ensayo no antes de cuatro días ni después de seis de haber sido aplicadas, y todo ello después de haber sido debidamente preparadas en condiciones estándar de temperatura y ventilación, por lo que resultaba imprescindible la incorporación al equipo de una cámara climatizada y ventilada.

Para la realización del **ensayo de desgaste del simulador** se ideó un sistema por el cual las marcas viales se podrían someter a un proceso de desgaste acelerado en condiciones lo más parecidas posibles a las reales, con la ventaja adicional de ser en este caso reproducibles. El principio del ensayo era relativamente sencillo, pero las grandes dimensiones del equipo y las importantes fuerzas que actuaban sobre el mismo (inercias y cargas sobre la plataforma), obligaron a la construcción de un simulador muy robusto, con motores, engranajes y juntas de rotación similares a las empleadas en la maquinaria pesada de altas prestaciones, motivo por el cual se decidió incluir en el proyecto la colaboración del Laboratorio Químico de Ensayos y Control de Calidad (LQECC) de la ETSI Industriales de la UPM. Este Laboratorio es miembro titular de ENAC, bajo la norma UNE EN ISO 45000, y está especializado en pinturas y barnices, con una amplia experiencia en la realización de ensayos de control de calidad. La empresa de Ingeniería Controltest diseñó partes vitales del sistema como el variador de velocidad, la estructura mecánica de soporte y el cojinete central, entre otras, desarrollando asimismo los protocolos de pruebas. Conviene recordar en este sentido, que previamente el LQECC había llevado a cabo con FAPLISA un proyecto de I+D para el desarrollo de nuevos materiales de pinturas de señalización, que fue subvencionado por el IMADE, finalizó con éxito en diciembre de 1996 y puede ser considerado el precedente inmediato de este otro proyecto.

Para llevar a cabo la **medida de las características de las marcas viales**, se decidió introducir en el simulador una serie de equipos que pudiesen evaluar todos los parámetros contemplados en la norma UNE 135-200, es decir, la determinación del tiempo de secado, de las dosificaciones, de la visibilidad diurna, de la visibilidad nocturna y del coeficiente de resistencia al deslizamiento.

Finalmente, se procede a la **calibración del simulador** mediante pruebas de contrastación.

#### RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y EMPRESARIALES DEL PROYECTO

Tal como se ha explicado en el epígrafe anterior, la realización del proyecto le ha permitido a FAPLISA disponer de un prototipo, único en España, para la realización sobre las marcas viales del ensayo de durabilidad definido por la norma UNE 135-200, Parte 3 (foto 1).

Tal como se especificó en un principio, el prototipo construido y que actualmente se encuentra en servicio, pretende ser la referencia española de ensayo de durabilidad de marcas viales, y con esta intención se ha creado un consorcio (AETEC), para su gestión formado por FAPLISA y otras empresas y organismos interesados. En este sentido, FAPLISA es asimismo consciente de la necesidad de controlar el modo de construcción de las marcas *in situ*, a partir de pintura y agregados, con el fin de desarrollar plenamente la homogeneización de la durabilidad de las marcas viales según la norma.

Con este objetivo, la empresa ha liderado en el primer trimestre de 2000 la presentación de un proyecto internacional del V Programa Marco de la UE, dentro del Programa de Crecimiento Competitivo y Sostenible, encuadrado a su vez en la Acción Clave número 5 relativa a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico en materiales y sus tecnologías de producción y transformación. En este sentido, el proyecto se orienta al desarrollo de un prototipo de vehículo aplicador de la marca vial, mediante el que sea posible controlar la dosificación de pintura y agregados sólidos.

## INFRARROJO Y MICROELECTRÓNICA, S.L.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

En este caso la empresa que ha culminado con éxito el proyecto es una pequeña empresa de seis personas creada en 1993. Tiene un acusado perfil investigador y ha estado desde su inicio implicada en el desarrollo de dispositivos y subconjuntos orientados a ancianos y discapacitados, sobre la base de la tecnología electrónica en conjunción con la radiación infrarroja.

Se encuentra situada en el Parque Tecnológico de Tres Cantos, lo que sin duda ha contribuido a disponer de un entorno sinérgico con su perfil de desarrollo tecnológico. El ámbito natural de utilización de los resultados, tanto de éste como de otros proyectos de la empresa (enfermos, ancianos, discapacitados, etc.), hace que converjan ayudas y financiaciones procedentes de organizaciones hospitalarias, o del INSERSO, con la obtenida desde la Comunidad de Madrid. La empresa, a pesar del perfil investigador y tecnológico indicado, así como de su reducido tamaño, completa las tareas de desarrollo con las de prototipación industrial, estando preparada para el suministro de equipamiento comercial basado en los prototipos previamente desarrollados.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ha consistido en el desarrollo de un sistema de acceso por infrarrojos y de control electrónico de una silla de ruedas, basado en un software de reconocimiento de gestos y los correspondientes registros de movilidad. Este planteamiento de sistema global integrado ha supuesto el desarrollo y puesta a punto de modo conjunto de ocho equipos o subsistemas, tales como los que se indican a continuación:

1. *Desarrollo del sensor de movimientos de cabeza.* Este sensor se fundamenta en un nuevo concepto de sensor denominado *Fotosensor Vectorial*, que ha dado lugar a una solicitud de patente de invención española P9601946. Se ha desarrollado un primer prototipo a partir de este concepto, que permite transformar los movimientos de cabeza en señales eléctricas que contienen la información de orientación en cada momento.

Se trata de un interface para acceso a Windows mediante movimientos de cabeza, y en consecuencia acceso a Internet, correo electrónico, teletrabajo, etc., para personas afectadas de tetraplejía o con impedimentos en el uso de sus extremidades superiores. Se fundamenta en un sensor de infrarrojos que permite determinar la orientación y los movimientos de la cabeza del utilizador.

El perfeccionamiento del sensor de movimientos de cabeza ha permitido la realización del prototipo avanzado de este primer subsistema del proyecto de modo independiente a la silla, aunque englobando a varios de los equipos o subsistemas que se detallan a continuación. Esto ha tenido la ventaja de su comercialización como interface con el ordenador de personas discapacitadas, independientemente de su opción como parte del sistema de control integrado de la silla de ruedas.

2. *El equipo de registro de movilidad* ha consistido en el desarrollo de un sistema de medida y registro de movilidad de cabeza que ha facilitado tareas de investigación médica del proyecto mediante el registro automático de estas medidas, así como de su análisis y presentación de resultados. Este equipo, desarrollado por Infrarrojo y Microelectrónica, S.L., y puesto a disposición del Hospital Nacional de Paraplégicos, ha permitido el registro sobre soporte magnético de las señales correspondientes al desarrollo del lenguaje de gestos. De este modo los estudios efectuados por el hospital se han transformado en señales eléctricas representativas de los diferentes símbolos.

El objeto de este equipo ha sido doble: por un lado, ha permitido tratar estos datos directamente por el equipo para obtener un historial automático de los valores registrados durante el desarrollo del lenguaje de gestos y su estudio por parte del hospital, y, por otro, ha permitido grabar en disco magnético los movimientos seleccionados para su tratamiento por parte de Infrarrojo y Microelectrónica, S.L., y consiguiente los algoritmos de

reconocimiento de software de acceso a Windows ha supuesto el análisis y preparación de un software específico que permite el acceso a Windows mediante el sensor IR de movimientos de cabeza. Este software constituye la función de "ratón IR inteligente 2D" y emula a partir de las señales de posición de la cabeza del utilizador la función de ratón del ordenador, constituyendo un dispositivo de apuntamiento en coordenadas absolutas que transmite las señales de control a través de la interface de comunicaciones IR con el ordenador.

3. *Software para teclado vertical.* Desarrollo de un software que permite un modo de operación de teclado a través del sensor IR de movimientos de cabeza. Consiste en un software residente que posiciona el cursor, mediante el dispositivo de apuntamiento constituido por la función de "ratón IR inteligente 2D". Este teclado se puede configurar con funciones especiales que faciliten el acceso a software estándar.
4. *Lenguaje de gestos.* Desarrollo de un lenguaje de gestos mediante movimientos óptimos de cabeza que definen un vocabulario efectivo a partir de la investigación médica adecuada con el registro de movilidad.  
Los registros de movimientos seleccionados para constituir el vocabulario de base del lenguaje de gestos han sido transcritos a disco magnético conectados con el desarrollo de los algoritmos de reconocimiento de los mismos.
5. *Algoritmos de reconocimiento.* Consiste en la realización de los algoritmos que permitirán el lenguaje de gestos del modo más efectivo y orientado a optimizar las características diferenciales de las señales registradas. Se ha cuidado la consecución de un grado lo más elevado posible en la fiabilidad y seguridad en la detección de las órdenes generadas por el lenguaje de gestos. En especial se ha optimizado el encadenamiento y detección de secuencias de gestos que permiten un lenguaje fluido y simple para la comunicación de usuario con el sistema. Estos algoritmos se han ejecutado en lenguaje C++ en entorno Windows, verificándose su funcionamiento en casi tiempo real.
6. *Subsistema de reconocimiento.* Ha consistido en el desarrollo de un subsistema hardware que implementa los algoritmos de gestos en tiempo real en un FPG.
7. *Subsistema de control de autonomía de la silla.* Ha supuesto el diseño y construcción de un subsistema de control de carga y descarga inteligente de batería, que además de controlar y optimizar esta función, establece en todo momento la autonomía de la silla expresada en porcentaje de carga restante, así como en kilómetros realizables al régimen de funcionamiento al que se encuentre la motorización de la silla, modificándose en caso necesario consecuentemente a base de un sensor termoeléctrico de corriente que modeliza potencia instantánea.
8. *Arquitectura de Control Global.* Parte esencial de este proyecto ha sido el diseño de la arquitectura de la unidad de control inteligente integrado que asegure la coordinación del conjunto de funciones electrónicas del sistema de la silla. Se ha definido la estructura del sistema y el modo de implementarlo mediante una familia de microcontroladores asegurando la integración electrónica de todas las funciones del sistema, incluidos los protocolos de comunicación con los subsistemas o equipos descritos y los actuadores y display de la silla.

#### RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y EMPRESARIALES DEL PROYECTO

El producto más destacado del proyecto, por su rápida aceptación en el mercado nacional e internacional, es el sistema para acceso a ordenador para personas con severas discapacidades motoras IRdata 2000.

La empresa ha realizado con éxito un esfuerzo de internacionalización del principal producto resultante del proyecto. Se comercializa actualmente en España, Francia, Portugal y Chile, existiendo buenas perspectivas para que se alcance en un plazo de dos años una cuota de mercado razonable en la mayor parte de los mercados de la Unión Europea, América del Norte, América del Sur, Asia y Australia.

Se trata de la interface constituida por hardware y software de varios de los subsistemas descritos, que permite el control del desplazamiento del cursor del ordenador y la realización de





*Acceso a Windows 95 y Windows 98 mediante el sistema IRdata 2000. (Persona con síndrome de lesión medular completo S y M. C1-C2.)*

clics mediante movimientos de cabeza. Es un producto fiable y de fácil utilización que permite el acceso a todas las funciones del ordenador en entorno Windows y a todos los programas que funcionen en dicho entorno.

El producto, que se comercializa bajo la marca **IRdata 2000** y tiene un precio de venta inferior en más de un 50% respecto al de la competencia, exclusivamente americana, presenta ventajas no sólo económicas sino en prestaciones, ambas muy apreciadas por los usuarios. Este producto ha merecido numerosos elogios de usuarios, siendo de destacar la mención a los resultados del proyecto por parte de varias revistas especializadas y canales de la Televisión Nacional y Autonómica.

En el extranjero ha merecido la publicación de una ficha técnica

redactada por el **Reseaux Nouvelles Technologies**, organismo perteneciente a la *Asociation de Paralísés de France (APF)*, importante organización francesa de personas con discapacidad motora. En la valoración realizada del producto por el Reseaux de Nouvelles Technologies en la edición de su ficha técnica número 15, que distribuye entre los profesionales del sector en Francia, destacan las siguientes ventajas respecto a la competencia existente (procedente exclusivamente de los EE.UU.):

- Disminuye el esfuerzo de concentración necesario para su uso y facilita el control del cursor con una sorprendente facilidad.
- Es un producto fiable y de fácil utilización.
- Permite el acceso a todas las funciones del ordenador.
- Su precio de venta (900 euros) es particularmente atractivo en relación con los productos de la competencia.

## SOFTRONICA

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

El proyecto que se cita a continuación se corresponde con el de la empresa SOFTRÓNICA, y ha tenido por objeto el desarrollo de un transceptor en UHF miniaturizado y de bajo consumo, destinado a la transmisión de voz y de datos.

La Compañía SOFTRÓNICA, S.A., se crea en el año 1990 con la finalidad de diseñar varios programas de software específico para su aplicación en el campo de la ingeniería de las radiocomunicaciones. Entre 1990 y 1993 realiza también trabajos de diseño y construcción de dispositivos hardware para el control y telediagnóstico de equipos de radiocomunicaciones, creando el software específico para realizar estas funciones.

Las tres áreas de trabajo que se definen dentro del anagrama de SOFTRÓNICA –Ingeniería, Software y Comunicaciones– hacen girar a esta empresa dentro de un marco de actuaciones muy cercano a la zona de la electrónica digital, pero con una importante repercusión sobre el diseño de circuitos de características analógicas.

La Ingeniería se materializa usando programas de diseño CAD-CAM de última generación, cuyas funcionalidades cubren desde aspectos eléctricos hasta mecánicos y planes de producción, así como disponiendo de suficiente instrumentación digital y analógica, para desarrollar prototipos tanto en circuitos microprogramados como en radiofrecuencia hasta 10 GHz. La realización de aplicaciones de software se lleva a cabo mediante emuladores y sistemas de desarrollo específicos en función del diseño a realizar, considerando áreas en tecnologías de DSP, programación de microprocesadores de diversas familias, EPLD y software sobre microcomputadores como PC o MAC.

En el campo de las Comunicaciones, SOFTRÓNICA ha realizado varias redes de radiocomunicaciones con destino a centros oficiales, encuadrados en el Ministerio del Interior y de Defensa. Estos proyectos se han centrado principalmente en el campo de HF, pero en el último año y dada la expansión de las radiocomunicaciones y su uso en actividades civiles, se ha ampliado el sector incorporando trabajos destinados a GSM para datos cortos o largos y redes *trunking* UHF, con fines de intercomunicación y/o localización.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene por objetivo realizar una serie de módulos transceptores de UHF/CM (ondas centimétricas), que puedan ser fabricados cubriendo tres bandas de trabajo, para su aplicación dentro de varios sectores de uso.

Este diseño acepta como entradas, fuentes combinadas de voz y datos de alta/baja velocidad, permitiendo que las comunicaciones sean gestionadas mediante la combinación de datos con interfonía entre varios dispositivos.

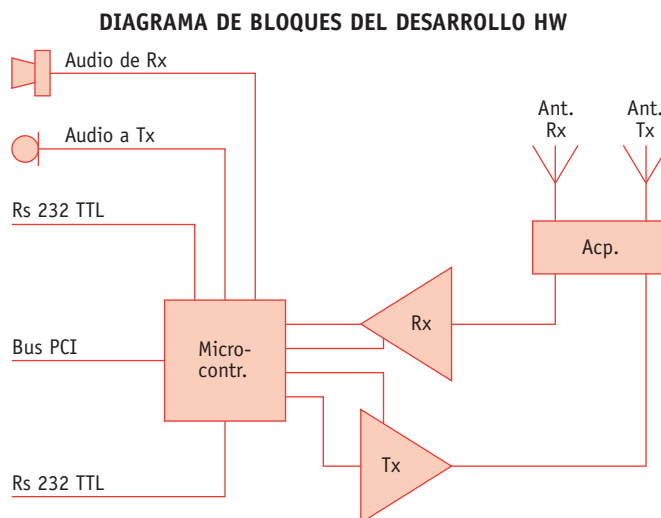
El diseño se ha llevado a cabo para trabajar en las bandas de 433,050 a 433,790 MHz, norma UNE-32, 868 a 870 MHz norma UNE-56, para su aplicación en el sector de la defensa.

Por otro lado, el campo de aplicación de este transceptor es muy diverso, ya que la necesidad del mismo es amplia y conocida. El objetivo de este diseño sitúa al mismo en cabeza sobre sus posibles competidores con grandes mejoras sobre los mismos gracias a su ultrabajo consumo, debido a la tecnología aplicada, y a su gestión microprocesada le permite simultanear voz y datos, asegura la transmisión libre de errores en datos y permite incorporar tecnología de llamada selectiva en la gestión de red.

El ultrabajo consumo es imprescindible en las configuraciones con terminales autónomos, cuya utilización soporta el uso de baterías y el agotamiento de éstas es directamente proporcional a los consumos generales de los dispositivos alimentados.

La primera aplicación prevista en los objetivos del proyecto se refiere a su utilización industrial. En estas aplicaciones se suministran los módulos con fuentes software y DLL suficientes para la utilización en la configuración de distintos dispositivos industriales, tales como lectores láser autónomos inteligentes, terminales de mano miniaturizados, impresoras autónomas, etc.

Una segunda aplicación muy importante se encuentra en el sector informático y sirve de apoyo para configurar redes de radio inalámbricas. Estas redes necesitan operar con elementos que permitan el paso de datos a alta velocidad libre de errores y deben de permitir la utilización de varios sistemas inalámbricos dentro de la misma red; es el caso de terminales de punto de venta, lectores de códigos de barras autónomos, impresoras, etc., cuyo despliegue por la naturaleza de su diseño necesite el no estar físicamente conectadas al ordenador. La tercera aplicación prevista tiene una naturaleza de seguridad, ya que permite la configuración de un dispositivo tradicional walkie-talkie, cuyo uso es la intercomunicación de conversaciones de voz, combinado con un dispositivo miniaturizado GPS (Global Positional System). La naturaleza del diseño hace que puedan convivir fuentes de datos y audio. La información suministrada por el GPS da la situación geográfica del equipo permitiendo conocer su localización dentro de este mapa, esta aplicación tiene una importancia fundamental en los sistemas de control de persona perimetrales, como es el caso de la vigilancia de edificios y acuartelamientos, dentro de su utilización en seguridad y dispositivos para la Defensa. En la figura siguiente se observa el diagrama general del transceptor para todas las versiones, su composición se basa en el acoplamiento de un receptor y de un transmisor a un circuito microcontrolador el cual conmuta mediante una matriz integrada los que son datos y audio.

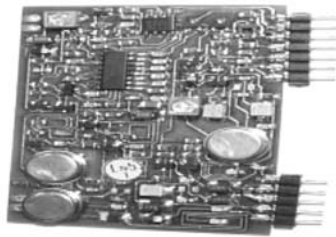


El microcontrolador soporta las funciones de control de las funciones TX-RX, gestión del sistema de gobierno para su aplicación a un procesador, dos salidas con protocolo RS232 a nivel TTL y conmutación de las señales de audio; esto en lo referente al control del hardware del sistema. Con referencia al sistema de software realiza funciones de corrección de errores, protocolo de criptografía, llamada selectiva y posicionamiento del canal de mensajería.

Como elementos innovadores cabe destacar que el sistema de gestión del microcontrolador con respecto al transceptor y la célula de acoplamiento diseñado en *microstip*, permiten eliminar el conmutador de antena, con el importante ahorro que representa en lo referente al consumo del mismo, ya que un objetivo logrado es el ultrabajo consumo del dispositivo.

También constituye innovación la realización de la etapa transmisora configurada en las bandas descritas, con una modulación directa sobre un oscilador controlado por un sumador, éste integra la señal del oscilador con la del canal de audio y/o datos. La tensión del oscilador (proporcional a la frecuencia del oscilador) se controla mediante un PLL (ambos oscilador y PLL se encuentran en un circuito integrado, miniaturizado en SMD), mediante una célula de acoplamiento realizada sobre el circuito impreso en *microstip*, se acopla la antena a un amplificador intermedio.

La parte receptora se basa en un receptor superheterodino clásico, con frecuencia intermedia distinta según la banda de trabajo. Sólo en el caso de la aplicación de la norma UN-59 (4,5 a 5 GHz) se emplea una doble conversión, tanto en el receptor como en el transmisor. Los circuitos PLL, VCO, FI y amplificadores se utilizan en CI de tecnología SMD.



Tarjeta del transceptor.

Controlando el módulo, se incorpora un microcontrolador ZILOG de tecnología SMD, programado para manejar el transceptor configurando dos puertos de entrada para datos, uno para el ordenador y otro para el GPS.

#### RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y EMPRESARIALES DEL PROYECTO

Como objetivo científico se ha pretendido llegar a reducir el consumo del dispositivo al máximo utilizando para ello tecnologías de ultrabajo consumo y alto rendimiento. Se ha centrado el diseño en circuitos integrados PLL de última generación con frecuencia de trabajo de hasta 2,5 GHz, y bajo consumo. Se ha cuidado el diseño para eliminar aquellos sistemas que elevaran el consumo del dispositivo final, es el caso del sistema de la conmutación de antena del transceptor diseñando para este fin un sistema de control mediante el microcontrolador incorporado que permite utilizar dos antenas diseñadas sobre el mismo circuito impreso.

La realización final del dispositivo permite su fabricación automatizada, lo que simplificará el proceso y permite un costo de fabricación muy competitivo.

La empresa está comercializando de modo habitual este transceptor con las especificaciones obtenidas durante la realización del Proyecto, y lo que es más importante, se ha convertido en el dispositivo referente de módems y tarjetas de interconexión de protocolos que la empresa ha desarrollado posteriormente.

## SIDSA

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

La empresa SEMICONDUCTORES INVESTIGACIÓN Y DISEÑO, S.A. (SIDSA), fue fundada en 1992, estableciéndose desde entonces en el Parque Tecnológico de Madrid, con la finalidad de ofrecer al mercado una serie de servicios de ingeniería y unos productos desarrollados en la propia empresa, con objeto de obtener unos resultados que permitan el crecimiento sostenido de la empresa, su supervivencia en el tiempo y la realización profesional y humana de los componentes de la misma, proporcionando un elevado grado de calidad y de satisfacción a los clientes de la compañía.

La misión de SIDSA es la de efectuar con un alto grado de calidad las tareas específicas que encargan los clientes, así como el desarrollo, a través de una alta inversión relativa en I+D, de nuevos productos en el campo de las tecnologías de la Información, con una fuerte presencia de dispositivos microelectrónicos personalizados, con objeto de cumplir los objetivos marcados, que conducen a la finalidad de la empresa.

La empresa empezó en 1992 con cinco personas (cuatro ingenieros superiores de Telecomunicación y una persona encargada de la Administración). En abril de 2000, la plantilla se compone de 34 personas, de las cuales 29 son titulados superiores, tres de ellos doctores, y el resto es personal administrativo y técnico. Está previsto que en diciembre de 2000, la plantilla haya aumentado un 10% con respecto a abril del presente año. Los ingresos de la compañía en 1999 superaron los 600 millones de pesetas.

La empresa empezó ofreciendo servicios de diseño de ASICs (circuitos Integrados de Aplicación Específica) a terceros para la mejora de la competitividad de sus productos y distribución y soporte técnico de Herramientas CAD para el Diseño Electrónico. También comercializaba, como distribuidor de algunas "foundries", la producción de los chips diseñados por SIDSA para terceros. Desde su fundación, la empresa participó en Proyectos de I+D, que recibían ayuda de la Comisión Europea, empezando a colaborar con empresas innovadoras de otros países de la Unión Europea. El beneficio que supuso participar en estos proyectos para la compañía ha sido muy alto desde el punto de vista del activo tecnológico actual de la empresa.

En mayo de 1997, SIDSA contrató los servicios de un experto del Silicon Valley para empezar a estudiar la posibilidad de entrar en el mercado americano con productos de alta tecnología. En junio de 1998, SIDSA participó en la DAC (Design Automation Conference), celebrada en San Francisco (EE.UU.), con un stand propio, que es la exhibición más importante del mundo en herramientas de diseño y Centros de Diseño microelectrónico. El éxito que obtuvieron los diseños presentados y los productos, en fase avanzada de I+D, así como el trabajo realizado por el consultor contratado, condujeron a crear SIDSA U.S. Inc. (100% propiedad de SIDSA), que es una sociedad de California con domicilio en Geary St., San Francisco, California, Estados Unidos. Esta sociedad ha empezado a promocionar los productos de I+D de SIDSA, que se esperan lanzar al mercado durante el presente año. No obstante, uno de los productos (la plataforma de desarrollo de sistemas empotrados con ARM, HSDT100) se empezó a comercializar el año pasado en Europa, Estados Unidos y Japón. Así pues, SIDSA U.S. ha empezado a facturar en el mercado americano productos de SIDSA. En 1999, SIDSA ha establecido un distribuidor en el Reino Unido (E2000) y otro en Japón (PALTEK).

En octubre de 1998, la compañía recibió la certificación de su sistema de calidad, según la norma ISO 9001, por parte de AENOR, que ha sido renovada en este año.

Desde 1997 se han empezado a establecer unas líneas estratégicas que se basaran en el maridaje de demandas reales del mercado y conocimiento interno de SIDSA. Es decir, que se pudieran lanzar al mercado unos productos con un importante valor añadido conseguido a través de las líneas de I+D de SIDSA, fundamentadas en el conocimiento del diseño microelectrónico (System-On-Chip) y de los sistemas que se pretenden comercializar.

En este sentido se trazaron cuatro líneas estratégicas de I+D y comercialización de productos:

- a) Línea de productos "system-on-chip programables por el usuario" y sus herramientas CAE asociadas. En este sentido se ha conseguido un primer producto que representa una novedad a nivel mundial: FIPSOC™. Este producto tiene una patente PCT. Se espera una comercialización importante de este producto para el segundo semestre de 2000.

- b) Línea de productos para aplicaciones multimedia, especialmente televisión digital. Se trata de lanzar productos, basados en circuitos integrados de alta densidad de integración, que incorporan procesadores y sistemas operativos “empotrados”. El primer producto de esta línea es la PCMCIA EXCIS, especialmente indicada para proporcionar acceso condicional a descodificadores de televisión digital, ya sea por cable, satélite o terrestre, abiertos y suplementar la potencia de dichos descodificadores con servicios adicionales, como telecompra, telebanca, telejuegos, etc. Otra aplicación que se ha desarrollado en base a esta tarjeta es el acceso a Internet TV (acceso a alta velocidad).
- c) Línea de productos de gestión de la energía, basados en circuitos integrados con gran capacidad de proceso en tiempo real y que realizan un control de sensores. También permiten la transmisión de datos, especialmente sobre la propia red eléctrica. Un primer producto basado en este tipo de circuitos es el contador de energía totalmente electrónico Netmeter-10.
- d) Línea de productos basados en chips de comunicaciones, especialmente los relacionados con algoritmos criptográficos.

Junto a estos productos coexisten las líneas tradicionales de SIDA que han sido y son:

- a) Diseño de circuitos integrados y sistemas electrónicos a la medida, por encargo de clientes.
- b) Venta de los circuitos integrados diseñados por SIDA para terceros.
- c) Venta y fabricación de sistemas electrónicos a la medida, con algún tipo de componente personalizado para clientes específicos.
- d) Distribución y soporte técnico de herramientas CAD para el diseño electrónico: CADENCE y Synplicity.
- e) Venta de IPs (Intelectual Properties). Se trata de poner a la venta células descritas en software para su posterior implementación como bloques de circuitos integrados (hardware).

Todos estos productos tienen un alto potencial tecnológico y de mercado. Sin embargo, exigen una alta inversión en recursos humanos (ingenieros con muy alta cualificación) y materiales (especialmente instrumentación de laboratorio, estaciones de trabajo y herramientas CAD). También exigen una inversión importante en marketing, ya que deben competir en un mercado global. SIDA ha recurrido a la autofinanciación mediante la reinversión total de sus beneficios durante sus ocho años de vida, a la financiación mediante subvenciones de la Comisión Europea y Administraciones Públicas españolas (Comunidad de Madrid y Ministerio de Industria) y a la financiación mediante préstamos bancarios.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto ha sido desarrollado por el equipo de I+D de SIDA, contando con la colaboración de la UPM, y ha recibido ayuda de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, además del programa ATYCA. El proyecto ha superado con éxito las previsiones iniciales en cuanto a resultados, ya que al aumentar los servicios demandados, se ha visto que debido a la flexibilidad de la arquitectura planeada en el componente principal de la tarjeta: un ASIC (System-On-Chip) muy versátil puede extenderse a más aplicaciones de las previstas en un principio, que eran básicamente las de proporcionar el acceso condicional a los descodificadores “abiertos” (sistema multicrypt). En estos momentos se está contactando con diversos proveedores de acceso condicional y operadores de servicios de televisión digital e Internet TV por satélite, terrestre y cable, así como fabricantes de receptores de televisiones digitales, para que evalúen la idoneidad e interoperabilidad de dicha tarjeta PCMCIA. Las expectativas son muy esperanzadoras. El área del Vídeo y la Televisión Digital se está implantando durante los últimos años de forma vertiginosa en el ámbito doméstico, extendiéndose además a otros servicios que hasta ahora sólo estaban reservados para los computadores personales.

Como toda tecnología emergente, que tiende a sustituir a otras, es necesario un período de transición que permita un cambio gradual y poco traumático de cara al usuario final. En una primera fase se está realizando la adaptación de la televisión analógica mediante descodificadores digitales externos denominados *set-top-box*. No obstante, el anunciado final, en menos de una década, de la televisión analógica y la creciente demanda de servicios, obliga

a planificar y desarrollar una segunda generación de receptores descodificadores integrados (IRD) dentro de la propia televisión. Las características requeridas se pueden resumir en dos:

- Como consecuencia de la inclusión dentro del televisor y ser un producto de consumo general, debe ser abierto a multiplataforma, desde el punto de vista de operadores, y expandible para evitar una rápida obsolescencia.
- Debe servir para mucho más que para ver simplemente la televisión. La idea es convertir el aparato receptor de televisión en un centro multimedia interactivo en donde poder realizar transacciones y comercio electrónico, navegar por Internet, videoconferencias, videojuegos, conexión a sistemas de almacenamiento y reproducción de última generación como el DVD, etc.

En cuanto al primer punto, el DVB (Digital Video Broadcasting) ya prevé una interfaz común (CI) para fines de acceso condicional y extensión de servicios basado en una interfaz PCMCIA que incluye las señales del "stream" MPEG2 sistema. SIDSa, como se ha comentado, está involucrada totalmente en el desarrollo de un módulo de expansión (PCMCIA) denominado EXCIS para los actuales descodificadores multicrypt que cumple dicha norma.

#### RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y EMPRESARIALES DEL PROYECTO

La Interfaz Común, tal y como es especificado por el Proyecto DVB, puentea el descodificador DVB con un módulo de acceso común a través de una tarjeta PCMCIA, que es capaz de ofrecer las funciones "descrambling" y "acceso condicional". La Interfaz Común facilita la posibilidad de suministrar un descodificador universal con módulos de acceso condicional separados que significa que un número de operadores de servicios puede suministrar contenido a través del mismo descodificador "abierto". Esta Interfaz se puede encontrar en TVs, PCs, y Servidores de Redes además del propio descodificador. La Interfaz Común PCMCIA de SIDSa está desarrollada sobre un circuito propio, denominado MACDVB que cubre un amplio espectro de aplicaciones además de la de acceso condicional con desenscriptado (descrambler) DVB. Sus excelentes prestaciones son como consecuencia de un innovador sistema de filtrado y

extracción/demultiplexación de información de trama MPEG2 en combinación con un potente procesador RISC embebido (ARM7TDMI) y una interfaz de tarjeta "inteligente".

Combinando la tecnología lectura/escritura de tarjeta "inteligente" de SIDSa con el código de "descrambling" propio de cualquier operador de contenido digital, EXCIS ofrece una forma muy sencilla y rentable de controlar el acceso a transmisiones digitales en un formato PCMCIA. Se puede utilizar EXCIS en cualquier descodificador "abierto" que sea conforme con la norma DVB-CI.

La plataforma abierta EXCIS DVB de SIDSa ayudará a abrir la puerta hacia una era nueva de comunicaciones digitales en la que los operadores, servidores y últimamente el consumidor final, puedan aprovecharse de la última tecnología para proteger y mantener el control de transmisiones digitales y recepción de contenido.

La tecnología EXCIS de SIDSa permite una variedad de funciones críticas incluyendo *video-on-demand*, *pay-per-view*, vídeo interactivo, *home shopping*, *home banking*, internet y juegos. Adicionalmente, el uso de la tecnología de SIDSa permite una aceptación universal de una solución única para sistemas de descodificación diferentes. Los usuarios no tendrán el inconveniente de tener que comprar varios descodificadores para cada servicio diferente y en muy poco tiempo tendrán acceso a todas las transmisiones de datos digitales a través de una tarjeta inteligente.

En la siguiente figura se aprecia la PCMCIA EXCIS abierta, donde en primer plano se ve el ASIC (System-On-Chip) MACDVB, verdadero núcleo de dicha tarjeta, ya que integra todas las funciones, a excepción de las memorias (ya que éstas deben poder expandirse o reducirse en función de la aplicación final, lo cual redundaría en el coste final de la tarjeta. En el proyecto también se ha desarrollado el software de base y la integración en el chip del Sistema Operativo en tiempo real (RTOS) denominado PSOS.



PCMCIA EXCIS de SIDSa.



PCMCIA EXCIS abierta.

## INSPIRA

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

INSPIRA es una joven empresa dedicada al diseño y fabricación de equipos electrónicos radicada en Las Rozas. Experta en el desarrollo de aparatos y equipos a medida para proyectos de I+D, en 1996, BP Solar, la filial para energía solar fotovoltaica de la petrolífera British Petroleum, le encargó la realización de un sistema específico para efectuar el control de seguimiento solar de un prototipo de concentrador fotovoltaico, que con nombre EUCLIDES™, esta empresa estaba desarrollando con la colaboración del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid (IES/UPM), uno de los centros de investigación más prestigiosos del mundo en el campo fotovoltaico

Actualmente en el terreno de la energía solar fotovoltaica, todas las previsiones apuntan a las llamadas técnicas de *concentración fotovoltaica*, como la vía más factible y de mayor potencial para, en un plazo aproximado de diez años, conseguir la reducción de costes necesaria para que la electricidad de origen fotovoltaico, esté en condiciones de acceder al mercado de producción eléctrica masiva, convirtiéndose así en una nueva alternativa no contaminante, como ya lo está siendo la eólica, a la alimentación de la red eléctrica convencional.

El alto precio actual de la electricidad fotovoltaica en comparación con la producida por medio de combustibles fósiles o nucleares, es en gran medida debido al elevado coste del material con que hay que recubrir la superficie receptora de la energía solar, la llamada *célula solar fotovoltaica*, un dispositivo semiconductor, que está basado por lo general en el silicio monocristalino que rechaza la industria microelectrónica, para el que, además, no se prevén bajadas de precio significativas en los próximos años.

Dos son los caminos que conducen a la reducción del coste del fotovoltaico:

- a) El recubrimiento de la superficie receptora o captadora de la energía solar con material de bajo coste.
- b) El aumento de la eficiencia de la conversión de energía solar a electricidad.

Ambos son utilizados por la concentración fotovoltaica, cuyo principio consiste en recubrir la superficie receptora, con sistemas ópticos baratos, basados bien en lentes, bien en espejos, que enfocan la luz solar sobre un área menor de células fotovoltaicas de alta eficiencia.

Siendo así los sistemas de concentración fotovoltaica quedan caracterizados por el cociente entre la superficie receptora y la conversora, o de células solares, que siempre será menor, relación que recibe el nombre de *concentración geométrica*. Esta reducción de la superficie de conversión, por unidad de superficie de captación, hace viable la utilización de células de mayor eficiencia, aun cuando la mayor complejidad de su fabricación las haga más caras que las convencionales.

Un concentrador fotovoltaico se compone de los *módulos concentradores* que integran óptica y células solares, y una *estructura de seguimiento* en la que éstos van montados, y que dotada de uno o dos ejes de rotación, permita a la óptica enfocar el sol sobre las células de forma permanente a lo largo del día. El control del seguimiento solar de esta estructura, en muchas ocasiones de grandes dimensiones y sometida a deformaciones estructurales y a la fuerza del viento, con unos requerimientos de precisión por lo general inferiores al grado, suele ser uno de los retos a los que se enfrenta cualquier diseño en el terreno de la concentración fotovoltaica. Hasta hoy la fiabilidad a largo plazo ha sido una de las asignaturas pendientes de los proyectos de concentración, y en este sentido más de un prototipo de concentrador ha sido puesto en evidencia por causa de un control de seguimiento defectuoso.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El prototipo EUCLIDES era un concentrador basado en óptica especular de perfil cilindro-parabólico, con seguimiento en un eje orientado Norte-Sur, con módulos basados en células de alta eficiencia LGBG de BP Solar, una concentración geométrica de 32, y una superficie de captación de 1,28 x 24 metros. Basado en un novedoso algoritmo de control adaptativo, resultante de un compromiso entre el posicionamiento por coordenadas calculadas en base a



efemérides de precisión, y temporización GPS, y una posterior calibración en función de la potencia entregada, el primer prototipo de INSPIRA para el control del seguimiento solar fue probado con éxito en 1997.

Los buenos resultados de este concentrador prototipo impulsaron a BP Solar a negociar con el IES/UPM la licencia de explotación de esta tecnología. Así pues, con EUCLIDES, la concentración fotovoltaica abandonaba el ámbito de las pequeñas compañías norteamericanas que hasta el momento la habían producido y promocionado, y pasaba a manos de uno de los ya entonces mayores fabricantes mundiales de fotovoltaico, y actualmente el mayor del mundo, tras su unión con la norteamericana Solarex a raíz de la fusión BP-Amoco, empresa capaz de realizar las inversiones requeridas para su industrialización, que es condición necesaria para el desarrollo pleno de su potencial de reducción de costes. La primera señal de este cambio de aires no se hizo esperar y fue espectacular: se anunciaba la construcción de una central de 480 kWp con tecnología EUCLIDES en la isla de Tenerife, potencia instalada que la convertiría en la mayor central de concentración fotovoltaica del mundo.

BP Solar encargó entonces a INSPIRA, que ya contaba con la experiencia adquirida con el prototipo EUCLIDES, el desarrollo de un equipo industrial que integrase todo lo necesario para el control autónomo del seguimiento solar de esta nueva planta. Entonces en el marco de un proyecto financiado por el programa de ayudas a la I+D en PYMEs, de la Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid, INSPIRA llevó esta propuesta un paso más allá y se puso como objetivo el diseño de lo que dio en llamar un *Equipo de Puntería Solar Universal*. Así pues, basándose en los algoritmos utilizados en el primer prototipo para el control de seguimiento EUCLIDES, INSPIRA producirá EPS-Tenerife®, un Equipo de Puntería Solar que integra la capacidad de microproceso y la electromecánica necesaria para mantener apuntada al sol con gran precisión cualquier estructura de seguimiento de uno o dos ejes en cualquier disposición, independientemente del tipo de transmisión motora, y compatible con múltiples sistemas de sensores para la realimentación de posición.

Además EPS-Tenerife dispone de una completa interfaz de usuario que permite la edición en campo de los parámetros de trabajo, la descarga de registros históricos de operación, la carga de actualizaciones de programa, el posicionamiento de la estructura a voluntad, y alerta en situaciones de funcionamiento defectuoso presentando un autodiagnóstico indicativo. Capaz de funcionamiento en red, puede ser también monitorizado y controlado desde un ordenador local, o incluso remotamente utilizando el protocolo Internet por medio de su panel de control para [www](http://www). La alta fiabilidad y el bajo mantenimiento *in situ* son condiciones que pueden determinar la viabilidad de un sistema de control de seguimiento solar. En este sentido EPS-Tenerife es un equipo de gran robustez, cuyo correcto funcionamiento en intemperie con climas extremos fue previamente probado en simulaciones realizadas en laboratorios oficiales de certificación. Por otro lado, su software redundante evita la ocurrencia de estados anómalos y permite una correcta recuperación del equipo frente a problemas y cortes de alimentación.

Una primera serie de 14 unidades de EPS-Tenerife fue adquirida por BP Solar para la planta EUCLIDES de Tenerife, una para cada concentrador instalado, que esta vez eran más de tres veces mayores al prototipo originario, pasando a tener cada uno una longitud de 84 metros y una potencia nominal de 34 kWp. Inaugurada la central a finales de 1998, hace más de un año que los equipos EPS-Tenerife controlan sin incidencias su seguimiento solar, aun estando sometidos a permanente insolación y expuestos a un clima húmedo, ventoso y polvoriento, y de alta salinidad dada la ubicación costera de la instalación. El apuntamiento de trabajo suele tener una precisión de  $\pm 0,1$  grados, siendo posibles posicionamientos con precisiones incluso diez veces menores.

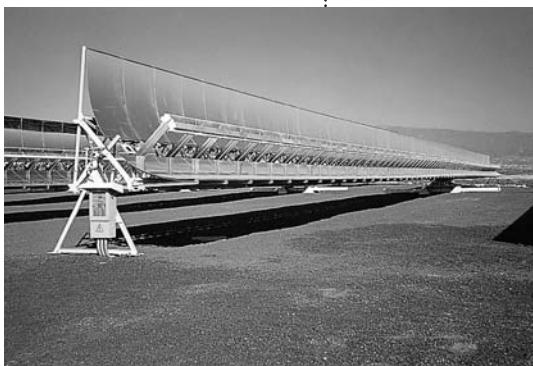
El seguimiento solar no sólo es necesario en concentración fotovoltaica, también en energía solar térmica, sea de torre central y campo de heliostatos, o colectores distribuidos, ha de utilizarse, y si bien no es imprescindible también se emplea en las centrales fotovoltaicas convencionales, o de panel plano, pues puede llevar a incrementos de energía colectada en torno al 35%. Así, por ejemplo, la central fotovoltaica de 1 MWp de Toledo, la mayor de España, cuenta con 100 kWp dotados de seguimiento.

#### RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y EMPRESARIALES DEL PROYECTO

Con EPS-Tenerife se puede controlar el seguimiento de cualquiera de las alternativas de central solar antedichas, y esto aprovechando el fruto de un proyecto de I+D de más de tres años de duración, de la más alta exigencia en las especificaciones, tanto en cuanto a precisión como a fiabilidad, y que además ya ha sido probado con éxito, atributos todos éstos poco comunes en el incipiente mercado del seguimiento solar. Además este equipo permite la realización de un control de seguimiento distribuido, esto es, en el que cada estructura de seguimiento tiene su control de puntería autónomo, que en oposición a uno centralizado, evita el alto coste y los problemas de fiabilidad del tendido de una red de comunicaciones en campo, sistema cuyo fallo dejará además sin seguimiento la totalidad de la planta. La figura muestra el campo de paneles fotovoltaicos de la instalación de Tenerife.

Tras este proyecto, INSPIRA ha iniciado otros trabajos en el ámbito de la energía solar, tanto fotovoltaica como térmica. Un ejemplo que además se beneficia de la experiencia obtenida en el desarrollo de EPS-Tenerife, es el desarrollo de un seguidor solar, estructura de seguimiento más electrónica de control, para una nueva tecnología de concentración fotovoltaica de gran potencial, que con nombre HÉRCULES, está siendo desarrollada por el IES/UPM y el fabricante español de fotovoltaico Isofotón, que es actualmente por volumen de producción el segundo de Europa y séptimo del mundo.

Según el último libro del astrónomo Freeman Dyson, *El sol, el genoma e Internet*, las revoluciones tecnológicas del siglo XXI pivotarán en torno a esta triada. Internet ya está aquí, el genoma está llegando, el sol como fuente de energía, o las llamadas energías renovables, pese a ser ya un mercado de fuerte crecimiento, todavía están en su infancia y son aún lugar para pioneros y artesanos, como lo fue la aviación a principios de siglo o los ordenadores personales en los años setenta y ochenta, lugar en el que desde una empresa joven y con entusiasmo como INSPIRA se ve bien el futuro.



Campo de paneles fotovoltaicos.

## BROAD TELECOM, S.A.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

BROAD TELECOM, S.A., es una empresa dedicada a la investigación, diseño, ingeniería, producción y comercialización de equipos y sistemas de telecomunicación; específicamente en las áreas de radio y teledifusión; tanto en la vertiente de producción de programas como en la transmisión de la señal.

Todas las actividades de la compañía se realizan en la Comunidad de Madrid.

Los mercados objetivo son tanto el nacional como el internacional, donde se realizan el 70% de las ventas de compañía. Se han llevado a cabo proyectos en diversos mercados, complejos y difíciles de atacar, como son: Angola, Bolivia, Panamá, Egipto, México, Cuba, República Dominicana y Estados Unidos, entre otros.

BROAD TELECOM, S.A., fue fundada por un grupo de ingenieros de telecomunicación, con sólida formación y más de veinticinco años de experiencia en las áreas de radio y televisión profesionales. Adicionalmente al elevado nivel de cualificación de la plantilla, caben destacar, entre otras, dos características importantes de la misma como son: la flexibilidad y capacidad de dar respuestas a las demandas de los clientes en plazos y costes razonables, y la inquietud constante por innovar y asimilar nuevas tecnologías. En este sentido, la compañía concentra sus actividades en las siguientes gamas de productos:

- Productos de radiofrecuencia:
  - Transmisores de televisión analógica y digital.
  - Transmisores de audio digital (DAB).
  - Reemisores de televisión.
  - Sistemas radiantes de televisión.
  - Sistemas de reserva activa/pasiva.
  - Moduladores FI.
- Productos de vídeo:
  - Generadores de caracteres.
  - Amplificadores de distribución de audio y vídeo.
  - Sistemas de identificación de fuentes.

Los productos pasan exigentes pruebas de ensayo realizadas por laboratorios independientes y están certificados por la Dirección General de Telecomunicaciones.

Junto a la gama de productos, el área de Ingeniería de Sistemas constituye una de las actividades principales de la compañía. BROAD TELECOM está involucrada en proyectos para estudios de televisión, sistemas de RF, Unidades Móviles, etc.

Desde la creación se ha tenido una gran vocación internacional, de suma importancia para el desenvolvimiento de la empresa, así como una gran vocación innovadora, que es la que garantiza el futuro de la compañía en un mercado globalizado, altamente cualificado, competitivo y muy exigente.

La empresa posee un laboratorio adecuadamente dotado para el nivel tecnológico de los proyectos que realiza. Mantiene, asimismo, una estrecha colaboración con dos universidades de Madrid en el campo de la radio digital y posee las certificaciones de calidad ISO-900 e ISO-901, que acreditan el aseguramiento de la calidad desde el diseño de los equipos hasta el servicio postventa.

El equipo de investigación y desarrollo cuenta con un equipo humano de más de una decena de personas expertas en telecomunicaciones, tanto en el área de hardware como en la de software. Dicho grupo de trabajo está dotado de importantes recursos materiales, crecientes anualmente, que permiten la realización de sus proyectos.

La permanente inversión en instrumentación y en sofisticadas herramientas de diseño ha conducido a tener un laboratorio de diseño adecuadamente dotado para el alto nivel tecnológico de los proyectos que se realizan. Entre los que caben destacar los siguientes:

- Transmisores de un kilovatio estado sólido de radio y televisión digital (audio-vídeo digital).
- Módulo amplificador de RF de alta potencia con tecnología de estado sólido LDMOS para transmisores de televisión digital terrena en UHF.
- Transmisor de alta potencia con tecnología de estado sólido para televisión digital terrena OFDM.

En el presente año se están llevando a cabo proyectos de investigación tendentes a incrementar el valor añadido de los equipos transmisores, buscando ventajas competitivas y diferenciación respecto a los productos de la competencia.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto, llevado a cabo con la ayuda económica de la Comunidad de Madrid, es el diseño de transmisores de un kilovatio de estado sólido para radio y televisión digitales. La orientación de BTESA en la línea de proyectos relacionados con la transmisión terrena de televisión digital (DVB-T), ha sido marcada por la planificación a nivel general del proyecto VIDITER (como preparatorio a la licitación pública de la televisión digital terrena), liderado por Retevisión y la Secretaría General de Comunicaciones, en el que BTSA participa como miembro activo.

Como primer paso para el diseño y construcción de equipos de transmisión de radio digital, BTSA propuso a la Comunidad de Madrid el diseño y pruebas de campo de transmisores de un

kilovatio para audio y televisión digitales de estado sólido. Para el desarrollo de estos tipos de transmisores el proyecto se ha dividido en dos subproyectos: uno de acuerdo con las normas internacionales de audio digital (DAB) y, el otro, según los estándares de la televisión digital (DVB) en banda III. El proyecto contemplaba cuatro hitos: transmisor excitador de 10 W para la modalidad DAB; etapas de potencia e integración para una salida en antena de un kilovatio (DAB); transmisor excitador de 10 W UHF par DVB; etapas de integración para un kilovatio en DVB.

La arquitectura de los transmisores de audio y vídeo es similar: modulación, corrección de la intermodulación, generación de portadoras, convertidor FI-RF y amplificador de 10 W. A partir de esta etapa se inicia la cadena de potencia constituida por preamplificadores clase "A", cada una de las cuales excita dos módulos de clase "AB" que mediante sistemas de estructura equilibrada de divisores de potencia, acopladores y combinadores multivía de banda ancha suministra la potencia final. Se

consigue así un sistema equilibrado que permite el funcionamiento del transmisor (con potencia reducida) en caso de fallo de alguna etapa.

Todos los circuitos mencionados anteriormente, excepto los moduladores, han sido diseñados y construidos por BTSA, junto con todos los dispositivos para la supervisión, protección térmica y control de los parámetros de funcionamiento con la presentación visual correspondiente. Para el modulador se han adquirido del exterior los moduladores tipo OFDM para audio y COFDM para la televisión digital.

El proyecto ha terminado con la construcción de varios prototipos (véase la figura).

Los equipos de la figura pueden considerarse como industriales tanto en funcionalidad como fabricabilidad, ya que han sido desarrollados según la documentación para la fabricación en serie. Con éstos se han realizado pruebas de campo entre Navacerrada y Madrid, con la participación de Retevisión, según las especificaciones del operador y con resultados satisfactorios.

Este primer proyecto ha sido el comienzo de una serie de otros, encaminados a incrementar las potencia de salida e incrementar el valor añadido en cuanto a funcionalidades de protección a fallos y supervisión centralizada a distancia.



Prototipos construidos.

## INMUNOLOGÍA Y GENÉTICA APLICADA, S.A., INGENASA

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

INMUNOLOGÍA Y GENÉTICA APLICADA, S.A., INGENASA, fue creada en 1981 como una empresa dedicada a las aplicaciones industriales de la biotecnología. Sus objetivos: investigar, desarrollar y comercializar productos para el diagnóstico y prevención de enfermedades infecciosas, de especial relevancia económica, en las áreas de Sanidad Animal y Protección Vegetal.

Con el transcurso de los años INGENASA ha desarrollado las tecnologías y reunido el equipo humano necesario para hacer frente a este reto, mediante la combinación de equipos multidisciplinarios en Inmunología, Genética y Biología Molecular. Con ello se consigue una mejor integración y resolución de los problemas, aplicando las técnicas de anticuerpos monoclonales, clonación y secuenciación de ácidos nucleicos, expresión de proteínas en microorganismos recombinantes, PCR, etc.

INGENASA dispone de un Departamento de Investigación estable, desde hace más de quince años. Fruto de esta política de investigación y desarrollo, no sólo ha conseguido un completo catálogo de productos, sino también el desarrollo de tecnología propia, cubierta por patentes y publicaciones en las mejores revistas internacionales.

En la actualidad, trabaja intensamente en colaboración con ID-Lelystad (Holanda) y IBET (Portugal) en la elaboración del dossier de Registro de la que podría ser la primera vacuna española de origen recombinante, utilizando células de insecto como sistema de expresión. La versatilidad de la tecnología desarrollada permite también su utilización en Sanidad Humana, en campos tan trascendentes como la defensa frente a tumores o terapias antivirales, incluyendo el VIH. Estas aproximaciones se realizan con instituciones tan prestigiosas como la Universidad de Oxford (Reino Unido) o el Institut Pasteur (Francia).

INGENASA ha elaborado productos y tecnologías para la producción de diagnósticos y de nuevas vacunas.

En la actualidad, INGENASA comercializa un catálogo de 67 productos diferentes para el diagnóstico, cubriendo 35 patologías y 7 especies animales, que incluyen animales de abasto y compañía.

La cuota de mercado alcanzada por los productos de diagnóstico ha sufrido año tras año un notable incremento tanto en el ámbito nacional como internacional. La estrategia de internacionalización de la empresa se basa en una red de distribuidores exclusivos, bien implantados en sus respectivas áreas geográficas.

### CIFRAS REPRESENTATIVAS DE LA ACTIVIDAD DE INGENASA

Personal.....	21 trabajadores en plantilla. De ellos, 13 son licenciados (5 de ellos, doctores).
Número de productos desarrollados, fabricados y en la actualidad comercializados .....	67 referencias diferentes.
Número de patentes .....	53
Número de publicaciones científicas .....	42
Proyectos de la UE .....	9
Porcentaje de exportaciones.....	25

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Bursitis Infecciosa (IBD), o enfermedad de Gumboro, es una enfermedad vírica de curso agudo, que afecta principalmente a pollos de engorde industriales (*broilers*) en fase de crecimiento. Esta enfermedad altamente contagiosa fue descrita por primera vez por Cosgrove en 1962, en la ciudad norteamericana de Gumboro (Delaware). En la actualidad, esta enfermedad está extendida por todo el mundo y se ha incrementado la frecuencia de brotes de IBD con una elevada mortandad (50-75%) producidos por cepas muy virulentas del virus.

La enfermedad es causada por el virus de la bursitis infecciosa (IBDV), que presenta un tropismo muy acusado por las células linfoides localizadas en la bolsa de Fabricio, originando una eliminación selectiva de precursores de linfocitos B y, consecuentemente, el establecimiento de una severa inmunosupresión. Por tanto, la infección por IBDV provoca tasas de mortandad elevadas debido a dos causas: a) el propio ciclo infectivo de IBDV, y b) infecciones oportunistas de otros patógenos que afectan a los animales inmunodeprimidos. El efecto inmunosupresor del IBDV también disminuye la respuesta de los animales a vacunas contra otros patógenos aviares.

La importancia económica de esta enfermedad radica fundamentalmente en estos dos aspectos: por un lado, la alta mortalidad producida por algunas cepas de IBDV en pollos de tres semanas de edad, e incluso mayores, y, por otro, la segunda manifestación clínica de la enfermedad consiste en una prolongada inmunosupresión de las aves infectadas en edades tempranas. Las principales secuelas asociadas a dicha inmunosupresión son: dermatitis gangrenosa, síndrome de anemia-hepatitis con cuerpos de inclusión, infecciones por *E. coli* y fallos en la eficacia de otras vacunaciones, como contra la enfermedad de Newcastle y la bronquitis infecciosa.

Los viriones de IBDV son extraordinariamente resistentes a las condiciones medioambientales y persisten en el ambiente por un período de al menos cuatro meses. El virus se transmite a través del agua, la comida o los excrementos, pero no hay transmisión vertical a través del huevo, ni existen portadores crónicos de la enfermedad. Por lo tanto, el éxito en el control de la enfermedad de Gumboro radica en la aplicación de estrictos programas de higiene y desinfección de las instalaciones junto con la vacunación preventiva de reproductoras y progenie. La inmunización de las aves reproductoras es de especial importancia para la transmisión de inmunidad pasiva a la progenie; no obstante, la presencia de dicha inmunidad pasiva puede interferir en la eficacia de la vacunación de la progenie.

El IBDV es el prototipo del género Avibirnavirus de la familia Birnaviridae. Los viriones de IBDV tienen un tamaño de 60-65 nm, no poseen envuelta y presentan simetría icosaédrica. La cápsida viral, formada por una única capa de un grosor promedio de 9 nm, está constituida por dos proteínas VP2 (40 kDa) y VP3 (32 kDa). El genoma del virus está constituido por dos segmentos de ARN de doble cadena de 3129 (segmento A) y 2759 pb (B), respectivamente. El segmento A contiene dos fases de lectura abierta (ORF) denominadas A1 y A2. La ORF A1 codifica una proteína de 106 kDa con capacidad autoproteolítica. El procesamiento de la proteína da lugar a tres productos proteicos maduros: VP2 y VP3, que conforman las cápsidas virales, y VP4, una proteína no estructural con actividad proteolítica. La ORF A2 codifica para una proteína no estructural de 16,5 kDa (VP5) cuya actividad se desconoce. El segmento B codifica una única proteína, VP1, de 90 kDa con actividad ARN polimerasa ARN dependiente, que se encuentra en viriones purificados asociada a los extremos de ambos fragmentos del genoma viral.

El segmento A codifica para una poliproteína precursora en el orden 5'-VPX-VP4-VP3-3'. La poliproteína precursora se procesa a través de diferentes pasos proteolíticos para producir las proteínas virales maduras definitivas, VP2 y VP3, componentes estructurales del virion de IBDV, y VP4, proteasa viral responsable del procesamiento de la poliproteína precursora. Se sabe que la proteína VP2 se forma a partir del procesamiento proteolítico de la VPX, pero se desconocen los puntos exactos de corte y las proteínas implicadas en dicho procesamiento. Este procesamiento es esencial en el proceso de ensamblaje de la cápsida. VP2 contiene las regiones antigénicas responsables de la inducción de anticuerpos neutralizantes, serotipo y especificidad de estirpe. VP3 se considera el antígeno grupo-específico.

La respuesta serológica frente al virus se dirige fundamentalmente a las proteínas de la cápsida VP2 y VP3. La proteína VP3 es inmunodominante y reconocida de forma invariable por sueros, tanto de pollos convalecientes como de animales hiperinmunes. Sin embargo, la mayor parte de los anticuerpos monoclonales capaces de neutralizar la infectividad del virus reconocen epítomos conformacionales en la proteína VP2.

Existen dos serotipos de IBDV, el serotipo 1, patogénico, que infecta principalmente a pollos, y el serotipo 2, que ha sido aislado de pavos y patos y ha demostrado ser no patogénico para pollos y pavos. Existe mucha diversidad antigénica entre los aislados virales. La mayor

variabilidad antigénica se concentra en una región de 250 aminoácidos en la zona central de la proteína VP2.

Desde un punto de vista práctico, y dado que todas las poblaciones de pollos son vacunadas regularmente, se necesita más un test serológico para la detección de anticuerpos anti-IBDV en sueros de pollos que un test para el diagnóstico de la enfermedad. Éste es un requisito imprescindible para la cuantificación de los niveles de anticuerpos pre y postvacunación. La determinación tanto de anticuerpos maternos como anticuerpos postvacunales, es crítica para decidir la necesidad de revacunación y el tiempo más adecuado de la misma. Habitualmente se realizan perfiles serológicos de las explotaciones avícolas para conocer estos niveles. El perfil serológico requiere un cierto número mínimo de sueros de pollo, lo que implica la realización anual de un gran número de ensayos, teniendo en cuenta que solamente en Europa existen 4.000 millones (M) de broilers, 270 M de gallinas ponedoras y 35 M de reproductoras. Por tanto, constituye un mercado de gran importancia económica en el que no existe hasta la fecha presencia nacional significativa.

El paso crítico en el desarrollo de un método diagnóstico rápido, barato y reproducible, es la obtención de una fuente de antígeno que cumpla todos estos requisitos. En este proyecto se buscó un sistema de expresión basado en tecnología de ADN recombinante que permita la producción de cápsidas vacías de IBDV, estructural y antigénicamente idénticas al IBDV, como fuente de antígeno. Para alcanzar este objetivo se utilizó el sistema de expresión basado en baculovirus recombinantes para la expresión tanto de la poliproteína de IBDV como de las diversas combinaciones individuales o duales de las proteínas de la cápsida de IBDV. Dado que resulta imprescindible conocer los mecanismos que regulan y controlan el ensamblaje del virus, así como el papel que las diferentes proteínas desempeñan en este proceso, en los estudios de morfogénesis se utilizó también el sistema de expresión del virus vaccinia, aunque presenta graves inconvenientes para su aplicación industrial. Entre estos inconvenientes cabe destacar: *a)* bajo nivel de producción de proteínas recombinantes; *b)* elevado coste de producción, y *c)* riesgo de infección experimental al utilizarse un patógeno humano.

#### ESTUDIO DE LA MORFOGÉNESIS VIRAL MEDIANTE EXPRESIÓN EN VACCINIA

El conocimiento de la biología molecular y, por tanto, de la morfogénesis de IBDV es muy escaso. A lo largo de los últimos años, se ha trabajado con el objetivo de entender y caracterizar los mecanismos implicados en el ensamblaje de las cápsidas de IBDV. El uso de sistemas de expresión heterólogos ha sido fundamental para la comprensión de la morfogénesis y la estructura de diferentes virus. Como aproximación experimental, hemos utilizado el sistema de expresión inducible de vaccinia y hemos obtenido virus vaccinia recombinantes que expresan la poliproteína (VT7/POLY) y la proteína VP1 (VT7/VP1). La expresión de la poliproteína en células BSC40 infectadas con el virus VT7/POLY, produce partículas virales (VLPs) con una morfología y tamaño similares a los de los viriones de IBDV. Además, en células coinfectadas con los virus recombinantes VT7/VP1, que expresa la RNA polimerasa de IBDV, y VT7/POLY, la proteína VP1, se encapsida muy eficazmente en las VLPs.

Datos de microscopía confocal y coimmunoprecipitación de células BSC40 coinfectadas con VT7/POLY y VP7/VP1, han demostrado que VP1 y VP3, pero no VP2, interaccionan y que pueden hacerlo en ausencia de otras proteínas virales sugiriendo que esta unión es previa a la formación de la cápsida y media la encapsidación de la polimerasa viral.

La formación de estos complejos VP1-VP3 debe ser una etapa crítica en el ciclo replicativo de IBDV. Hasta el momento no se conoce cómo se establece la interacción entre ambas proteínas. Datos preliminares sugieren que la región comprendida entre los residuos 45-195 de VP1 podría estar implicada, ya que el anticuerpo anti-VP1, que reconoce esta secuencia, no funciona eficazmente en los ensayos de coimmunoprecipitación con VP3. Esto sugiere que esta secuencia sería inaccesible al anticuerpo como consecuencia de la interacción con VP3.

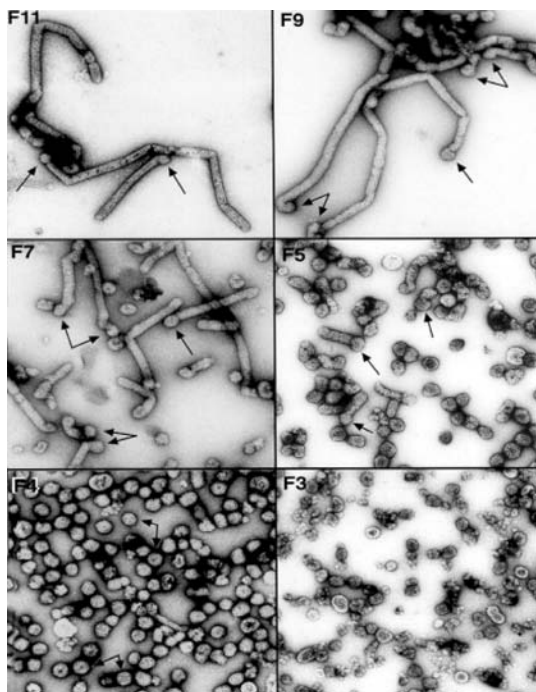
Con el fin de identificar y caracterizar las secuencias importantes para la formación de complejos VP1-VP3 se ha obtenido una serie de mutantes de delección del extremo C-terminal de

la VP3 en un plásmido que expresa la poliproteína (pCI-POLY). La capacidad de interacción entre VP1 y los mutantes de delección de VP3 se analizó mediante coimmunoprecipitación de extractos de células cotransfectadas con los plásmidos correspondientes. Los datos obtenidos demuestran que la delección de los primeros cinco aminoácidos del extremo C-terminal de VP3 (aas 997-1012) ya previenen la interacción con VP1. Estos resultados indican que esta secuencia es necesaria para esta interacción, aunque no sabemos hasta el momento si es suficiente para promoverla.

Al igual que en otros sistemas virales, en Birnavirus se ha descrito la formación de estructuras tubulares durante el ciclo viral. Hasta el momento no se dispone de datos que permitan determinar si este proceso corresponde a una vía alternativa de ensamblaje con una finalidad concreta o si, por el contrario, es la consecuencia de un ensamblaje defectuoso.

La formación de cápsidas de IBDV implica al menos la interacción entre VPX/2-VP3 y VP3-VP1, sugiriendo que la proteína VP3 desempeña un papel esencial en el ensamblaje de viriones infectivos. Para analizar esta posibilidad hemos utilizado dos virus vaccinia recombinantes que expresan la poliproteína de IBDV con delecciones en el extremos C-terminal de VP3 de 48 aminoácidos (VT7/POLY#1012-965) y 108 aminoácidos (VT7/POLY#1012-907): células BSC40 fueron infectadas con los recombinantes y analizadas por inmunofluorescencia y microscopia electrónica. Mientras que en células infectadas con VT7/POLY#1012-965 se forman pequeñas estructuras tubulares flexibles, en células infectadas con VT7/POLY#1012-907 se forman estructuras mucho más largas y rígidas de 60 nm de diámetro formadas exclusivamente por la proteína VPX. Estos datos sugieren que la proteína VP3 es fundamental para el ensamblaje de las cápsidas y que el extremo C-terminal de la proteína es esencial en la interacción VP2-VP3.

Para delimitar más finamente la secuencia de aminoácidos responsable de la formación de estos tubos, células Cos fueron transfectadas con los plásmidos que expresan mutantes de delección de VP3. La formación de tubos se analizó mediante inmunofluorescencia indirecta. Los resultados obtenidos indican que cualquier delección en el C-terminal de VP3 altera la distribución subcelular de VPX y VP3 y que la delección de los aminoácidos 951-931 dispara la formación de tubos tipo I.



**Figura 1.** Micrografías electrónicas de estructuras obtenidas en la expresión del gen de la poliproteína de IBDV en células de insecto. Los distintos productos se fraccionaron en gradiente de sacarosa 25-50%. Las fracciones del gradiente en orden descendente empezando por arriba con la fracción 1 se señalan en cada micrografía. Las flechas indican la presencia de partículas icosaédricas.

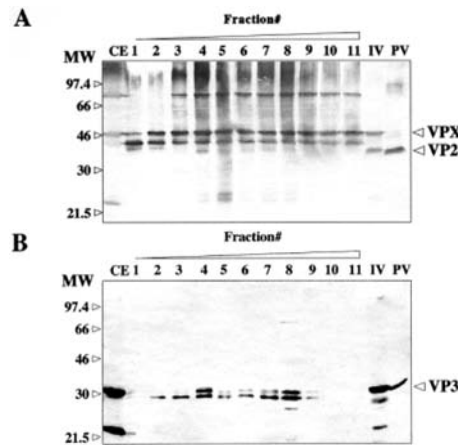
#### EXPRESIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA POLIPROTEÍNA EN BACULOVIRUS

En primer lugar, el cADN de la región correspondiente a la ORF1A del genoma de la cepa Soroa del IBDV se clonó en el vector de transferencia a baculovirus pACYM1 y se generó el correspondiente baculovirus recombinante. La expresión de la poliproteína completa condujo a la formación de VPX, VP3 y VP4, más unas cantidades muy pequeñas de VP2. La purificación de estas preparaciones en gradientes de sacarosa permitió el aislamiento de pequeñas cantidades de cápsidas virales y de túbulos flexibles de distintos tamaños que presentan cápsidas en los extremos (figura 1).

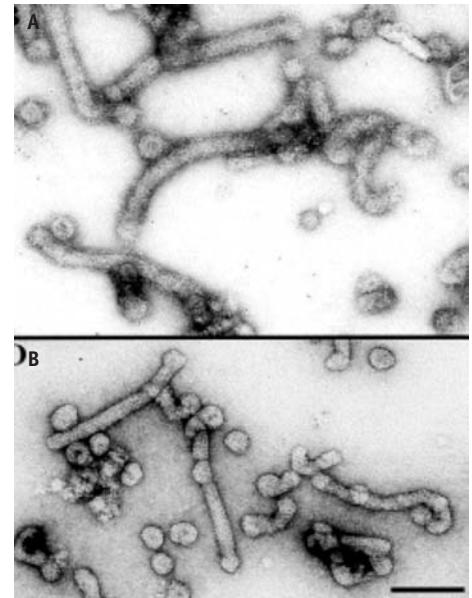
La presencia de estas estructuras tubulares sugirió la posibilidad de una morfogénesis aberrante en las células de insecto. Para estudiar la composición molecular de las cápsidas y de las estructuras tubulares, las distintas fracciones recogidas procedentes de gradientes de sacarosa 25-50% se analizaron por inmunoblotting y por inmunomarcaje con oro coloidal, este último experimento se realizó en colaboración con el grupo del doctor J. L. Carrascosa del CNB.

Los resultados obtenidos por inmunoblotting se muestran en la figura 2. El análisis con suero mono específico anti-VPX/VP2 (figura 2A) mostró que la VPX se encontraba presente en todas las fracciones del gradiente; sin embargo, la VP2 mayormente se detectaba en la fracción 4 que





**Figura 2.** Análisis de la expresión de la poliproteína de IBDV mediante fraccionamiento en gradiente de sacarosa 25-50% e inmunoblotting con suero monoespecífico frente a la VPX/VP2 (A) y frente a la VP3 (B). Los números en cada carril se refieren a las fracciones del gradiente, empezando por la fracción de arriba con el número 1. Línea CE contiene extractos celulares de Sf9 infectados con AcYM1-POLY. La línea IV contiene extractos celulares de BGM70 infectados con IBDV, estirpe SAL-1. La línea PV contiene virus purificado IBDV estirpe Soroa. MW: Marcadores de peso molecular en kDa.



**Figura 3.** Inmunomarcaje con oro coloidal de las proteínas VPX/VP2 (A) y VP3 (B) en la superficie de cápsidas y túbulos procedentes de la expresión de la poliproteína. La barra representa 200 nm.

coincidía con la fracción más enriquecida en cápsidas. Por otra parte, los análisis con suero monoespecífico anti-VP3 revelaron que la VP3 se localizaba en aquellas fracciones donde existía una mayor proporción de cápsidas, esto es, fracciones 4 a 9 (figura 2B).

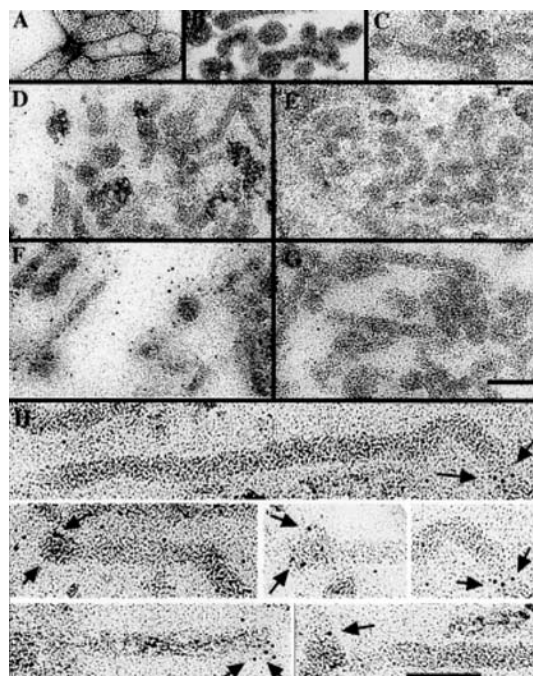
La VP3 no se detectó en las fracciones inferiores del gradiente, donde se observan principalmente túbulos. Este resultado sugería la ausencia de VP3 en las estructuras tubulares.

Para determinar la localización precisa de la VPX/VP2 y de la VP3 en las estructuras descritas, se llevó a cabo un inmunomarcaje con oro coloidal.

Los resultados se muestran en la figura 3. Se observó un fuerte marcaje con anti-VPX/VP2, tanto en las estructuras tubulares como en las cápsidas (figura 3A), confirmando la presencia de epítomos de VPX/2 en la superficie de las estructuras. Sin embargo, no se detectó marcaje en el caso del suero anti-VP3 (figura 3B), sugiriendo bien la ausencia de VP3 en las estructuras o bien una localización interna de la proteína. Para comprobar estas hipótesis, se realizaron cortes finos de las estructuras seguidos de inmunomarcaje con oro coloidal.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos. El suero anti-VPX/VP2 marcó tanto formas circulares

**Figura 4.** Localización de VPX/VP2 y VP3 en estructuras derivadas de la expresión de la poliproteína de IBDV mediante inmunomarcaje con oro coloidal en muestras incluidas en resina. (A) Tinción negativa de las estructuras; (B) Sección de material incluido en EML-812; (C) Sección de muestras embebidas en LR-WHITE; (D) Inmunomarcaje con suero preinmune anti-VPX; (E) Inmunomarcaje con suero preinmune anti-VP3; (F) Localización de VPX/VP2, y (G) VP3 con suero policlonal anti-VPX y -VP3, respectivamente, y oro coloidal de 5 nm en secciones de resina LR-WHITE; (H) Colección de secciones longitudinales de túbulos y cápsidas incubados con suero anti-VP3. Las flechas muestran las zonas marcadas con oro. La barra representa 200 nm.



como formas tubulares (figura 4F) mientras que los resultados obtenidos con el suero anti-VP3 mostraron que la VP3 se encontraba únicamente en secciones esféricas correspondientes a cortes transversales de cápsidas o de extremos de túbulos, pero nunca en las formas tubulares (figuras 4G y 4H). Estos resultados ponen de manifiesto que la VP3 se localizaría en las zonas de la cápsida que presentan curvatura y además presentaría una localización interna, puesto que únicamente se hace accesible a los anticuerpos cuando se realizan cortes en las partículas. Este dato está en concordancia con el modelo tridimensional propuesto para la cápsida de IBDV basado en estudios de criomicroscopia.

Expresión individual y dual de las proteínas de la cápsida en el sistema baculovirus.  
Caracterización de los productos obtenidos.

Con el objeto de comprobar si la expresión individual de cada proteína da lugar a la formación de estructuras como consecuencia del autoensamblaje de las mismas sin el concurso de la otra proteína de la cápsida y para estudiar si la expresión conjunta de ambos genes en promotores separados ofrece mejores resultados en la formación de cápsidas, se clonaron las secuencias codificantes de las proteínas VP2-VP4 y VP3 en vectores de expresión individual y en vectores de expresión conjunta. Como hasta el momento se desconoce cuál es exactamente el extremo carboxilo de la VP2 ni cuál es el sitio de corte de la VP4, primeramente en el clonaje del gen de la VP2 se incluyó la secuencia codificante de la VP4 para conseguir un correcto procesamiento proteolítico de la VP2 semejante al que tiene lugar en la morfogénesis de la cápsida viral.

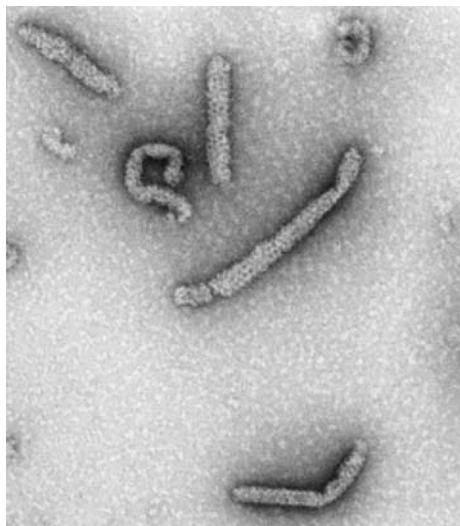
#### **EXPRESIÓN DE VP2-VP4 Y VP2-VP4 Y VP3**

Las secuencias codificantes de las proteínas VP2-VP4 y VP3 se sintetizaron mediante PCR y se clonaron en el vector de transferencia a baculovirus pAcYM1 y en el de transferencia dual pAcUW3, a partir de los cuales se generaron los respectivos baculovirus recombinantes que expresan las proteínas VP2-VP4 y VP2-VP4 más VP3. Cuando se analizó la expresión individual de VP2-VP4 mediante inmunoblotting, no se detectó ninguna banda extra con un tamaño equivalente a la VPX o a la VP2. Por el contrario, se detectaron cuatro bandas específicas de pesos moleculares comprendidos entre  $\approx 25$  kDa y 6 kDa. La presencia de estas proteínas de bajo peso molecular nos estaba indicando que en ausencia de la VP3, la VP4 producía un procesamiento proteolítico diferente al nativo. Este resultado fue confirmado posteriormente al analizar los extractos de células infectadas con el baculovirus de expresión dual que sintetiza VP2-VP4 y VP3. La presencia de la VP3 dio lugar a un procesamiento correcto de la VP2, observándose por inmunoblotting dos bandas de  $\approx 48$  kDa y  $\approx 45$  kDa que representan la proteína VP2 y su precursor VPX. Este resultado puso de manifiesto que la VP3 es necesaria para un procesamiento correcto de la VPX por parte de la VP4. Sin embargo, no se detectó ningún tipo de estructura en los extractos celulares infectados por el baculovirus de expresión dual.

#### **EXPRESIÓN DE VPX Y VP2**

Anteriormente se comprobó que la expresión de los genes de la VP2-VP4 en células Sf9 conducía a un procesamiento erróneo de la VP2 por parte de la VP4 en ausencia de la VP3. Este hecho motivó que para comprobar si la expresión individual de la VPX/VP2 da lugar a la formación de estructuras y para estudiar si la expresión conjunta de VPX/VP2 y VP3 en promotores separados proporciona mejores resultados en la formación de cápsidas, se procediera al clonaje de las secuencias codificantes de la VPX y de la VP2 en vectores de transferencia a baculovirus.

La longitud exacta de la VPX ha sido recientemente descrita (Sánchez y Rodríguez, 1999. *Virology*, 262:190-199), mientras que el sitio de procesamiento proteolítico que da lugar a VP2 a partir de VPX se desconoce hasta la fecha. No obstante, en la bibliografía se ha determinado el tamaño aproximado de la VP2 basándose en el peso molecular mostrado en geles de



**Figura 5.** Micrografía electrónica de estructuras tubulares sin cápsidas en los extremos, que se forman cuando se expresa VPX de IBDV en células de insecto.

poliacrilamida. Así, definimos el extremo carboxilo de la proteína de acuerdo con el descrito por Pitcovski *et al.* (1996). Avian Dis., 40:753-761.

En el caso de la expresión de la VPX, se obtuvo una banda con un peso molecular aproximado de 48 kDa, similar al esperado para VPX (aa 1-516), y varias de menor peso molecular procedentes probablemente de un proceso proteolítico o degradativo. Con respecto a la expresión de la VP2, se obtuvo una banda con un tamaño de 41 kDa que está en concordancia con la capacidad codificante del fragmento de DNA expresado (aa 1-456). Al igual que la VPX, la VP2 fue reconocida por inmunoblotting con el suero de conejo mono específico anti-VPX/VP2. Con el objeto de analizar la formación de estructuras, células infectadas con los respectivos baculovirus recombinantes se procesaron como ya se ha descrito anteriormente, esto es, fraccionamiento en gradientes de sacarosa y posterior análisis por inmunoblotting y microscopia electrónica.

La expresión de VPX dio lugar a la formación de estructuras tubulares que, a diferencia de las obtenidas con la poliproteína, no presentaron cápsidas en los extremos (figura 5).

Estos túbulos de aspecto flexible se distribuyeron prácticamente por todo el gradiente de acuerdo con la longitud de cada uno. Por inmunoblotting se confirmó que estos túbulos estaban compuestos por VPX. El hecho de no presentar extremos terminados en cápsidas estaría en concordancia con los datos obtenidos anteriormente, en los cuales vimos que la VP3 estaba directamente implicada en la formación de cápsidas.

En el caso de la expresión de VP2 se observó una banda nítida a una densidad de 1.133 g/cm<sup>3</sup> en el gradiente de sacarosa y una vez analizada por microscopia electrónica, se observó que estaba formada mayoritariamente por estructuras tipo anillo (figura 6).

La presencia de VP2 en la preparación se demostró mediante inmunoblotting con el suero mono específico anti-VPX/VP2.

#### EXPRESIÓN DE VP3

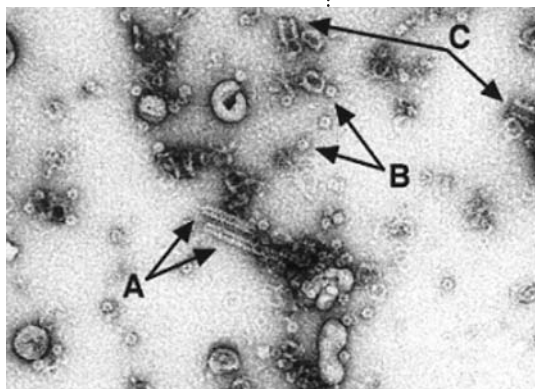
Para la síntesis de VP3 se utilizó también la reacción de la polimerasa en cadena. El análisis de la expresión del correspondiente baculovirus recombinante mostró la sobreexpresión de una proteína con un peso molecular de  $\approx$  32 kDa que era reconocida por los sueros anti-VP3 en inmunoblotting, confirmando que efectivamente se trataba de VP3. La producción de VP3 se estimó en aproximadamente 40 mg/106 células.

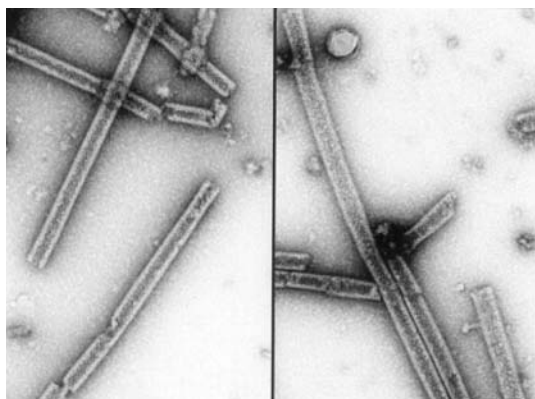
En primer lugar se procedió al análisis de la capacidad de esta proteína para autoensamblarse y formar estructuras. Para ello se utilizó el protocolo habitual ya descrito anteriormente basado en el bandeo de estructuras en gradientes de sacarosa. No se detectó que la VP3 formase parte de ningún tipo de estructura (datos no mostrados), por lo que para su purificación se diseñó otra estrategia basada en la alta insolubilidad que presentaba la proteína expresada. Los mejores resultados se obtuvieron cuando las preparaciones de la proteína se trataban en condiciones de alta fuerza iónica (NaCl 1M) con un rendimiento del 70% y una pureza del 90%. La VP3 purificada se utilizó para generar un antisuero policlonal específico frente a esta proteína y como fuente de antígeno en ELISA.

#### EXPRESIÓN DUAL DE VPX O VP2 CON VP3

Cuando se analizaron las estructuras producidas por la expresión conjunta de VP2 y VP3, se observaron las mismas partículas que las obtenidas cuando se expresa VP2 sola (datos no mostrados). Por inmunoblotting se detectó una presencia mayoritaria de VP2 y además trazas de VP3, no pudiéndose concluir si la VP3 forma parte constitutiva de las estructuras

**Figura 6.** Micrografía electrónica de estructuras formadas al expresar la VP2 de IBDV en el sistema de baculovirus. Se observaron fundamentalmente estructuras tipo anillo (B).





**Figura 7.** Micrografías electrónicas que muestran estructuras tubulares rígidas sin cápsidas en los extremos formadas al expresar simultáneamente las proteínas VPX y VP3 en un baculovirus de expresión dual.

descritas o es un contaminante de la preparación como consecuencia de su expresión masiva. Nuevos experimentos deben ser realizados para aclarar este punto.

Por último, cuando se expresó la VPX y la VP3 y se analizaron las distintas fracciones por microscopía electrónica, se observó la presencia de túbulos rígidos con los extremos abiertos, morfológicamente distintos a los obtenidos al expresar la poliproteína o la VPX sola (figura 7).

Por inmunoblotting se comprobó que los túbulos estaban constituidos por VPX y además se pudieron detectar cantidades pequeñas de VP3. Al igual que nos ocurrió con las estructuras formadas a partir de VP3 y VP2, no se pudo determinar si la VP3 forma parte de estos túbulos rígidos o, por el contrario, la VP3 detectada sería fruto de una contaminación en el proceso de purificación. Serían necesarios nuevos experimentos para

intentar explicar el papel de la VP3 en estas estructuras, puesto que, en este caso, no sería la responsable de la formación de cápsidas, al no haberse detectado ninguna, sino que estaría implicada en la rigidez estructural de los túbulos.

#### **UTILIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS RECOMBINANTES COMO ANTÍGENOS EN EL DESARROLLO DE UN MÉTODO DE DIAGNÓSTICO**

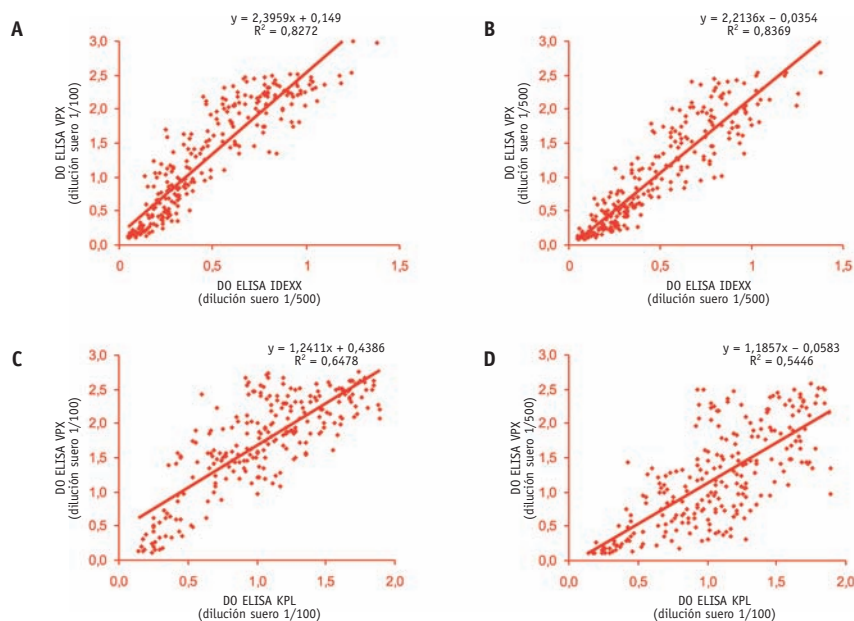
Las cápsidas recombinantes morfológicamente idénticas al virus nativo serían la alternativa más idónea para el desarrollo de nuevos sistemas de diagnóstico. Sin embargo, dado que se ha obtenido un rendimiento muy pobre en la formación de cápsidas vacías de IBDV, se optó por testar las diferentes proteínas recombinantes constituyentes de la cápsida de manera individual. En primer lugar se procedió a comparar la utilización de dos proteínas equivalentes, VPX y VP2, como fuentes antigénicas en un ELISA indirecto con el fin de elegir a la más antigénica para los posteriores estudios con sueros de campo. Para ello, de manera preliminar se midió la reactividad de 16 sueros positivos y 4 sueros negativos frente a VPX y VP2 purificadas mediante colchón de sacarosa. Se observó que en todos los sueros positivos se consiguieron mayores valores de absorbancia con la VPX que con la VP2, sugiriendo que la VPX recombinante se mostraba más antigénica que la VP2. Por este motivo, la VPX fue elegida para realizar los estudios posteriores con aproximadamente 300 sueros de campo, junto con la otra proteína de la cápsida, la VP3.

Se diseñaron dos prototipos de ELISAs indirectos, uno basado en la VPX recombinante, y el otro en la VP3. Se utilizaron dos diluciones de los sueros problema, 1/100 y 1/500 que son las diluciones empleadas en los kits comerciales. Se emplearon 284 sueros de campo positivos procedentes de granjas españolas y 12 sueros negativos procedentes de Finlandia (cedidos por el doctor Olli Vainio). Se estableció un cut off de 0,3; por encima de dicha absorbancia un suero era considerado positivo, y por debajo, negativo. En el caso del prototipo basado en la VPX se obtuvieron una sensibilidad y una especificidad del 100%, mientras que para el ELISA basado en la VP3 la especificidad alcanzó el 100%, y la sensibilidad el 93%.

#### **COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ELISAs DESARROLLADOS CON LAS PROTEÍNAS RECOMBINANTES, CON OTROS ENSAYOS INMUNOENZIMÁTICOS PRESENTES EN EL MERCADO**

A continuación se procedió a comparar los valores de absorbancia obtenidos con los prototipos de kits, tanto el basado en la VPX como el basado en la VP3, y los obtenidos con los dos kits comerciales más ampliamente utilizados en las explotaciones avícolas, IDEXX y KPL, para la colección de los 300 sueros de campo testados. Los resultados se muestran en la figura 8.

En el kit de IDEXX los sueros se utilizaron diluidos 1/500, mientras que en el caso de KPL se diluyeron 1/100, atendiendo a las respectivas condiciones sugeridas por las casas comerciales. El ELISA basado en la VPX presenta una alta correlación con los resultados obtenidos con el kit



**Figura 8.** Comparación de los valores de absorbancia obtenidos con 300 sueros de campo en el kit basado en la VPX recombinante (diluidos 1/100 y 1/500) y en los kits de KPL (diluidos 1/100) e IDEXX (diluidos 1/500). Se muestran las ecuaciones de las respectivas rectas de regresión, así como los índices de correlación  $R^2$ .

de IDEXX, tanto si se utiliza el suero diluido a la 1/100 ( $R^2 = 0,8272$ ) como a la 1/500 ( $R^2 = 0,8369$ ). Una menor correlación se obtuvo cuando se compararon con los datos procedentes del kit de KPL, con unos coeficientes de correlación de  $R^2 = 0,6478$  para los sueros diluidos 1/100 y  $R^2 = 0,5446$  en los sueros diluidos 1/500. No obstante, esta correlación, aunque más baja, sigue siendo muy significativa, si la comparamos con la obtenida entre los valores de absorbancia procedentes de los dos kits comerciales ( $R^2 = 0,4682$ ). Con respecto al ELISA basado en la VP3, los índices de correlación frente al kit de IDEXX y de KPL son sensiblemente más bajos que los obtenidos con el ELISA basado en la VPX. Frente al kit de IDEXX las rectas de regresión presentan unos  $R^2$  en torno a 0,41, tanto para los sueros diluidos a la 1/100 como a la 1/500. Por contra, la comparación con el kit de KPL arroja unos mejores resultados con un índice de correlación de 0,6427 para los sueros diluidos a la 1/100 y 0,457 para la dilución 1/500.

#### CORRELACIÓN DEL TÍTULO DE ELISA CON SERONEUTRALIZACIÓN

Por último, se analizó la posibilidad de correlacionar el título de anticuerpos por ELISA con los anticuerpos neutralizantes presentes en un determinado suero. Para ello se puso a punto un ensayo de neutralización por protección de monocapa y se analizaron 284 sueros de campo. El número de sueros que presentaban anticuerpos neutralizantes se comparó con el número de sueros positivos y/o negativos para los kits comerciales y para los prototipos desarrollados. El resultado se muestra en la tabla 1. En general, todos los sueros positivos en el ensayo de neutralización resultaban positivos en todos los ELISAs, exceptuando el ELISA basado en la VP3, en el cual 10 sueros teóricamente negativos por este método presentaban capacidad neutralizante. Las mayores discrepancias se obtuvieron a la hora de comparar sueros sin capacidad neutralizante con su reactividad en los diferentes ELISAs. Así, en el kit de KPL y en el prototipo basado en la VP3, 22 sueros de 30 fueron positivos para ambos sistemas y, sin embargo, no presentaron capacidad neutralizante. En el caso del kit de IDEXX, 16 sueros de 30 fueron positivos y no presentaron anticuerpos neutralizantes, mientras que el ELISA basado en la VPX fue el que mejor se comportó de los analizados con respecto a la comparación con la neutralización. De los 30 sueros negativos por neutralización, 13 fueron positivos en este ELISA. En cualquier caso, con estos experimentos se puso de manifiesto que es bastante difícil establecer una correlación entre neutralización y título de anticuerpos por ELISA.

En resumen, a la vista de todos los resultados obtenidos en cuanto a especificidad, sensibilidad y correlación con otros sistemas de diagnóstico, podemos concluir que la VPX recombinante es el candidato más idóneo para el desarrollo de un método de diagnóstico rápido, barato y reproducible para la valoración de anticuerpos frente al IBDV.

**TABLA 1** COMPARACIÓN DE REACTIVIDAD DE SUEROS POR ELISA Y SERONEUTRALIZACIÓN

	<i>N.º de sueros</i>		<i>Porcentaje</i>	
	<i>NT (+)</i>	<i>NT (-)</i>	<i>NT (+)</i>	<i>NT (-)</i>
KPL 1/100 (+) <sup>a</sup> .....	254	22	100	73,3
KPL 1/100 (-) <sup>b</sup> .....	0	8	0	26,6
IDEXX 1/500 (+).....	254	16	100	53,3
IDEXX 1/500 (-).....	0	14	0	46,6
VPX 1/500 (+).....	254	13	100	43,3
VPX 1/500 (-).....	0	17	0	56,6
VP3 1/100 (+).....	244	22	96	73,3
VP3 1/100 (-).....	10	8	4	26,6

<sup>a</sup> Sueros positivos en el ELISA y a la dilución indicados.

<sup>b</sup> Sueros negativos en el ELISA y a la dilución indicados.

# Anexos

---

**Anexo I.**  
**Modelo de encuesta**  
**sobre proyectos de I+DT**

---



**CONVOCATORIA DE AYUDAS A EMPRESAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO. ORDEN 840/1997, DE 16 DE ABRIL, DEL CONSEJERO DE EDUCACIÓN Y CULTURA**

**1. DATOS GENERALES**

Exp. N.º: 09/ /1997  
 Empresa .....  
 Domicilio .....  
 Teléfono..... Fax.....  
 Representante legal.....  
 Sector..... N.º empleados .....

**2. DATOS GENERALES SOBRE EL PROYECTO**

Responsable proyecto .....  
 Título proyecto .....  
 Duración.....  
 Presupuesto total inicial..... Presupuesto total real .....  
 Subvención concedida..... % s/presupuesto total inicial .....  
 Centros que han cooperado .....

**3. OBJETIVOS Y RESULTADOS DEL PROYECTO**

**3.1. Mejora del conocimiento tecnológico y de los hábitos de innovación**

	Objetivo		Resultados previstos		
	Poco importante	Muy importante	Inferior	Igual	Mayor
Mejorar o mantener la base de conocimiento .....					
Exploración de nuevas alternativas tecnológicas.....					
Obtención de nuevo conocimiento.....					
Desarrollo, evaluación o mejora de técnicas/herramientas .....					
Incrementar el número de investigadores .....					
Acceder a conocimientos/tecnologías complementarias .....					
Reducción del riesgo tecnológico .....					
Creación de la actividad de I+D en su empresa.....					
Complementación de la estrategia de innovación participando en proyectos de I+D estatales o europeos .....					

**3.2. Obtención de productos o procesos nuevos o mejorados - Capacidad tecnológica específica**

	Objetivo		Resultados previstos		
	Poco importante	Muy importante	Inferior	Igual	Mayor
Producción de prototipos, demostraciones, pilotos, etc..					
Nuevos procesos o mejora de los existentes.....					
Nuevos productos o mejora de los existentes .....					
Nuevos servicios o mejora de los existentes.....					
Nueva tecnología para comercializarla en forma de patente o de transferencia de <i>know how</i> .....					
Incrementar las ventas .....					
Incrementar la productividad .....					
Incrementar márgenes de venta .....					
Incrementar cuota de mercado.....					
Acceder a nuevos mercados.....					
Mejora de la protección del ambiente .....					
Mejora de la calidad total .....					

**3.3. Resultados obtenidos**

Si los resultados del proyecto han sido introducidos en el mercado, ¿cuál es el impacto?

- Porcentaje del nuevo o mejorado producto en las ventas totales .....
- Grado de novedad:
  - Novedad para su empresa.....
  - Novedad para el mercado donde opera su empresa.....
  - Tiempo de entrada del producto en el mercado.....
  - N.º de productos similares en empresas de la competencia .....
  - Vida útil esperada para el producto .....
  - Mejora en la productividad del nuevo o mejorado proceso.....

Si el resultado del proyecto no ha sido introducido en el mercado, ¿cuál es la razón?

	Sí	No
Era el objetivo demasiado ambicioso .....		
No ha sido significativo el resultado.....		
Está en proceso de comercialización.....		

Hay algún obstáculo para su comercialización porque:

	Sí	No
Es necesario un trabajo posterior de desarrollo .....		
Es necesario mayor financiación .....		
Es necesario mayor esfuerzo de comercialización .....		
No es competitivo .....		
No está dentro de la estrategia comercial de la compañía.....		

**4. OPINIÓN SOBRE LAS AYUDAS Y PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID**

	<i>Sí</i>	<i>No</i>
Cree que el nivel de ayuda de la CAM es acertado.....		
En qué medida habría que mejorarla.....		
Son los procedimientos administrativos claros y fáciles de seguir.....		
Está satisfecho con los procedimientos administrativos y el seguimiento del proyecto.....		
Tiene experiencia en otros proyectos de I+D estatales o europeos.....		
En caso afirmativo, ¿está satisfecho con la prontitud administrativa y de su seguimiento en relación con otros programas de I+D?.....		
En caso negativo, ¿está satisfecho con la prontitud administrativa y de su seguimiento en relación con otros programas de I+D?.....		
En el caso de que no hubiera obtenido ayudas de la Dirección General de Investigación, ¿habría iniciado el proyecto con recursos propios?.....		
En caso afirmativo, el presupuesto, la duración y los objetivos ¿habrían sido los mismos? .....		

**5. MEJORAS QUE PROPONDRÍA EN LOS OBJETIVOS Y CONTENIDO DEL PROGRAMA DE AYUDAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID**

.....

.....

.....

.....

.....

**Anexo II.**  
**Indicadores de calidad**  
**de resultados de los proyectos**  
**de la Convocatoria de 1997**

---

**TABLA 4.B INDICADORES DE CALIDAD DE RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE MEDIO AMBIENTE DE LA CONVOCATORIA DE 1997**

Indicador III PRICIT	Preguntas correspondientes		Opinión de las empresas						
	Cuestionario	Cuestiones	N.º de respuestas	Objetivo (%)		N.º de respuestas	Resultados frente a los previstos (%)		
				Poco importante	Muy importante		Inferior	Igual	Mayor
1. Introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios	3.2	1. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	5	40	60	5	20	40	40
	3.2	2. Nuevos productos o mejora de los existentes .....	5	20	80	5	20	40	40
	3.2	3. Nuevos servicios o mejora de los existentes .....	5	60	40	5	20	60	20
2. Apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes	3.2	4. Incrementar las ventas.....	5	40	60	5	40	20	40
	3.2	5. Incrementar cuota de mercado .....	5	20	80	5	20	40	40
	3.2	6. Acceder a nuevos mercados	5	20	80	5	20	20	60
3. Nuevos investigadores incorporados a grupos de I+D	3.1	7. Incrementar el número de investigadores .....	4	100	0	4	0	75	25
4. Mejora de las capacidades productivas-reducción de costes de producción	3.2	8. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	5	40	60	5	20	40	40
	3.2	9. Mejora de la calidad total...	5	40	60	5	0	60	40
	3.2	10. Incrementar la productividad .....	5	60	40	5	20	80	0
	3.2	11. Incrementar márgenes de venta .....	5	60	40	5	40	60	0
5. N.º de proyectos en el IV PNID o el V PM	3.1	12. Complementar la estrategia de innovación participando en proyectos de I+D estatales o europeos .....	4	0	100	4	25	50	25
6. Mejora del impacto ambiental del proceso productivo	3.2	13. Mejora de la protección del ambiente .....	5	20	80	5	0	40	60

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 4.C INDICADORES DE CALIDAD DE RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE TICs DE LA CONVOCATORIA DE 1997**

Indicador III PRICIT	Preguntas correspondientes		Opinión de las empresas						
	Cuestionario	Cuestiones	N.º de respuestas	Objetivo (%)		N.º de respuestas	Resultados frente a los previstos (%)		
				Poco importante	Muy importante		Inferior	Igual	Mayor
1. Introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios	3.2	1. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	10	50	50	10	10	60	30
	3.2	2. Nuevos productos o mejora de los existentes .....	12	0	100	12	0	50	50
	3.2	3. Nuevos servicios o mejora de los existentes .....	8	38	62	8	12	25	62
2. Apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes	3.2	4. Incrementar las ventas.....	12	17	84	12	17	67	17
	3.2	5. Incrementar cuota de mercado .....	10	0	100	9	0	33	67
	3.2	6. Acceder a nuevos mercados	10	0	100	11	9	45	45
3. Nuevos investigadores incorporados a grupos de I+D	3.1	7. Incrementar el número de investigadores .....	13	85	15	12	8	92	0
4. Mejora de las capacidades productivas-reducción de costes de producción	3.2	8. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	10	50	50	10	10	60	30
	3.2	9. Mejora de la calidad total...	9	44	56	9	0	78	22
	3.2	10. Incrementar la productividad .....	8	38	62	8	0	75	25
	3.2	11. Incrementar márgenes de venta .....	9	44	56	9	22	56	22
5. N.º de proyectos en el IV PNID o el V PM	3.1	12. Complementar la estrategia de innovación participando en proyectos de I+D estatales o europeos .....	12	25	75	12	8	59	33
6. Mejora del impacto ambiental del proceso productivo	3.2	13. Mejora de la protección del ambiente .....	7	85	15	7	15	85	0

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 4.D INDICADORES DE CALIDAD DE RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE MATERIALES DE LA CONVOCATORIA DE 1997**

Indicador III PRICIT	Preguntas correspondientes		Opinión de las empresas						
			N.º de respuestas	Objetivo (%)		N.º de respuestas	Resultados frente a los previstos (%)		
				Poco importante	Muy importante		Inferior	Igual	Mayor
1. Introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios	3.2	1. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	1	0	100	1	0	0	100
	3.2	2. Nuevos productos o mejora de los existentes .....	0	0	0	0	0	0	0
	3.2	3. Nuevos servicios o mejora de los existentes .....	2	0	100	2	0	50	50
2. Apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes	3.2	4. Incrementar las ventas.....	1	0	100	1	100	0	0
	3.2	5. Incrementar cuota de mercado .....	2	50	50	2	50	50	0
	3.2	6. Acceder a nuevos mercados	2	50	50	2	50	0	50
3. Nuevos investigadores incorporados a grupos de I+D	3.1	7. Incrementar el número de investigadores .....	1	0	100	1	100	0	0
4. Mejora de las capacidades productivas-reducción de costes de producción	3.2	8. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	1	0	100	1	0	0	100
	3.2	9. Mejora de la calidad total...	1	0	100	1	0	0	100
	3.2	10. Incrementar la productividad .....	1	0	0	0	0	0	0
	3.2	11. Incrementar márgenes de venta .....	1	0	0	0	0	0	0
5. N.º de proyectos en el IV PNID o el V PM	3.1	12. Complementar la estrategia de innovación participando en proyectos de I+D estatales o europeos .....	1	0	100	1	0	100	0
6. Mejora del impacto ambiental del proceso productivo	3.2	13. Mejora de la protección del ambiente .....	1	0	100	1	0	100	0

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 4.E INDICADORES DE CALIDAD DE RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE QUÍMICA-FARMACIA-AGROALIMENTACIÓN DE LA CONVOCATORIA DE 1997**

Indicador III PRICIT	Preguntas correspondientes		Opinión de las empresas						
			N.º de respuestas	Objetivo (%)		N.º de respuestas	Resultados frente a los previstos (%)		
				Poco importante	Muy importante		Inferior	Igual	Mayor
1. Introducción en el mercado de nuevos productos, procesos y servicios	3.2	1. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	6	17	83	6	17	33	50
	3.2	2. Nuevos productos o mejora de los existentes .....	6	0	100	6	17	33	50
	3.2	3. Nuevos servicios o mejora de los existentes .....	7	57	43	7	14	71	14
2. Apertura de nuevos mercados y ampliación de los existentes	3.2	4. Incrementar las ventas.....	6	17	83	6	50	33	17
	3.2	5. Incrementar cuota de mercado .....	6	33	67	6	17	67	17
	3.2	6. Acceder a nuevos mercados	6	17	83	6	33	67	0
3. Nuevos investigadores incorporados a grupos de I+D	3.1	7. Incrementar el número de investigadores .....	7	100	0	6	0	100	0
4. Mejora de las capacidades productivas-reducción de costes de producción	3.2	8. Nuevos procesos o mejora de los existentes .....	6	17	83	6	17	33	50
	3.2	9. Mejora de la calidad total...	7	57	43	7	14	57	29
	3.2	10. Incrementar la productividad .....	7	14	86	7	29	43	29
	3.2	11. Incrementar márgenes de venta .....	6	83	17	6	17	83	0
5. N.º de proyectos en el IV PNID o el V PM	3.1	12. Complementar la estrategia de innovación participando en proyectos de I+D estatales o europeos .....	7	43	57	7	14	57	29
6. Mejora del impacto ambiental del proceso productivo	3.2	13. Mejora de la protección del ambiente .....	7	29	71	7	0	71	29

Fuente: Elaboración propia.





**Anexo III.**  
**Opinión de las empresas sobre  
la importancia de los indicadores  
del III Pricit como objetivos  
empresariales**

---

**TABLA 5.A** OPINIÓN DADA POR LAS EMPRESAS SOBRE LA IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES DEL III PRICIT COMO OBJETIVOS EMPRESARIALES

Indicador III	Nivel de significación de la respuesta (%)					Objetivo poco importante (%)									
						T-4a		T-4b		T-4c		T-4d		T-4e	
PRICIT	T-4a	T-4b	T-4c	T-4d	T-4e	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
1.....	83	100	83	50	90	28	21	40	20	29	26	0	0	25	29
2.....	90	100	89	83	86	17	4	27	12	6	10	33	29	22	9
3.....	92	80	100	50	100	88	0	100	0	85	0	0	0	100	0
4.....	79	100	75	50	93	42	13	50	12	44	5	0	0	43	33
5.....	88	80	100	50	100	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0
6.....	77	100	58	50	100	49	0	49	0	49	0	49	0	49	0

x: media muestral.  
s: desviación estándar muestral.  
Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 5.B** OPINIÓN DADA POR LAS EMPRESAS SOBRE LOS RESULTADOS ALCANZADOS EN CADA INDICADOR FRENTE A LOS PREVISTOS

Indicador III	Nivel de significación de la respuesta (%)					Resultados inferiores respecto a los previstos (%)									
						T-4a		T-4b		T-4c		T-4d		T-4e	
PRICIT	T-4a	T-4b	T-4c	T-4d	T-4e	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
1.....	82	100	83	50	90	12	3	20	0	7	6	0	0	16	2
2.....	91	100	89	83	86	21	8	27	12	9	9	67	29	33	17
3.....	85	80	100	50	86	9	0	0	0	8	0	100	0	0	0
4.....	79	100	75	25	93	15	8	20	16	8	10	0	0	19	7
5.....	88	80	100	50	100	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0
6.....	77	100	58	50	100	49	0	49	0	49	0	49	0	49	0

x: media muestral.  
s: desviación estándar muestral.  
Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 5.C** OPINIÓN DADA POR LAS EMPRESAS SOBRE LOS RESULTADOS ALCANZADOS EN CADA INDICADOR FRENTE A LOS PREVISTOS

Indicador III	Nivel de significación de la respuesta (%)					Resultados iguales a los previstos (%)									
						T-4a		T-4b		T-4c		T-4d		T-4e	
PRICIT	T-4a	T-4b	T-4c	T-4d	T-4e	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
1.....	82	100	83	50	90	49	12	47	12	45	18	17	29	46	22
2.....	91	100	89	83	86	44	2	27	12	48	17	17	29	56	20
3.....	85	80	100	50	86	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0
4.....	79	100	75	25	93	59	11	60	16	67	11	0	0	54	22
5.....	88	80	100	50	100	74	0	74	0	74	0	74	0	74	0
6.....	77	100	58	50	100	51	0	51	0	51	0	51	0	51	0

x: media muestral.  
s: desviación estándar muestral.  
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo IV.**  
**Resumen comparativo**  
**de los programas de promoción**  
**a la I+D empresarial en otras**  
**Comunidades Autónomas**

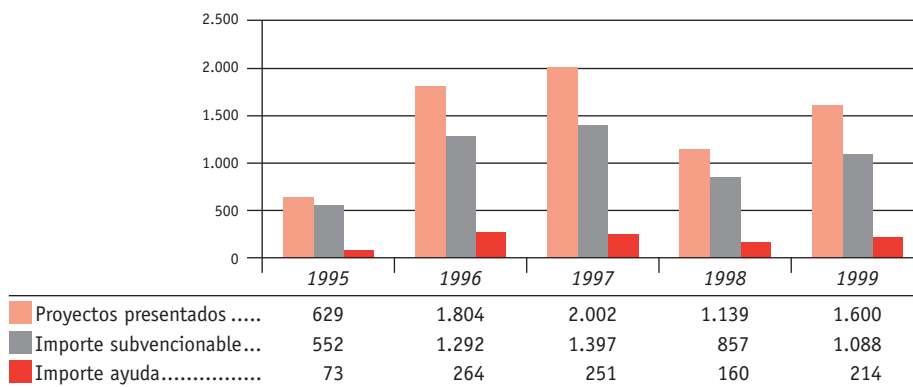
---

**CATALUÑA**

En la Comunidad Autónoma catalana la legislación básica en materia de promoción pública a la I+D empresarial la encontramos en la Disposición 2628, de abril de 1998, continuación de otras similares, iniciadas en 1995 y actualizada posteriormente en marzo de 1999. Dicha norma regula en su territorio de competencia las ayudas que se pueden conceder a las PYMEs para I+DT, pudiendo alcanzar dichas ayudas el 50% del presupuesto de I+D o el 35% del de desarrollo tecnológico, sin exceder en cualquier caso la cuantía de 7 M. Ptas. De este modo la Política Tecnológica hacia las PYMEs se orienta a la financiación de un gran número de presupuestos pequeños correspondientes a proyectos de alcance limitado, tal como se indica en la figura.

**PROMOCIÓN DE LA I+DT EMPRESARIAL EN CATALUÑA  
POR EL CIRIT-CIDEM**

Ayudas a las empresas para I+DT en Cataluña (M. Ptas.)



Fuente: CIRIT-CIDEM, y elaboración propia.

El porcentaje medio que supusieron estas ayudas en 1999 con respecto al importe subvencionable fue del 19,6%, siendo la ayuda media por proyecto de 133.750 pesetas. Por otro lado, una parte importante de estas empresas no desarrolla una actividad industrial, y de este modo los proyectos se dirigen en gran medida a incorporar TICs en empresas de servicios.

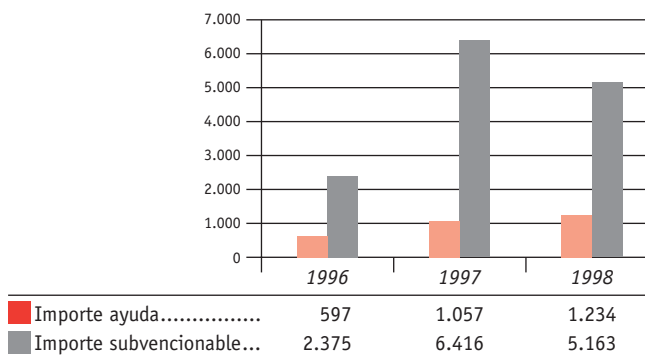
**Anexo V.**  
**Observaciones y recomendaciones**  
**útiles para las empresas**  
**que presenten proyectos**

---

**ANDALUCÍA**

En Andalucía, el Instituto de Fomento Andaluz (IFA) lleva a cabo desde 1996 un Programa de Modernización, Innovación y Desarrollo Tecnológico para empresas de cualquier tamaño. Este Programa es el que tiene una mayor similitud con el de Investigación y Desarrollo Tecnológico para PYMEs de la CM, ya que las ayudas que el Ministerio de Economía y Hacienda distribuye entre las PYMEs andaluzas no están completamente transferidas a la Junta de Andalucía, son de pequeña cuantía (similares a las que concede el CIRIT-CIDEM en Cataluña), y no se orientan estrictamente a la innovación tecnológica. De este modo, en la figura se resumen las ayudas concedidas a las empresas en Andalucía para llevar a cabo proyectos de I+DT, dentro del Programa de Modernización, Innovación y Desarrollo Tecnológico.

**PROMOCIÓN DE LA I+DT EMPRESARIAL EN ANDALUCÍA**  
Ayudas a las empresas para I+DT en Andalucía (M. Ptas.)



Fuente: Memoria IFA, 1998, y elaboración propia.

Frente a las ayudas a I+DT en Cataluña y de modo similar al Programa de la CM, el IFA ha seguido una línea de política tecnológica basada en financiar de una manera importante un número limitado de proyectos. En este sentido, la ayuda media por proyecto ha sido del 20,7% de su coste total, promediando los datos de tres años, lo que en valores absolutos equivale a 21 M. Ptas.

## PAÍS VASCO

En la CAPV existe una larga tradición de ayudas a la I+D y al DT que procede de los primeros programas iniciados en 1984; no obstante, no se ha desarrollado un programa específico para la promoción de la I+D y el desarrollo tecnológico entre las PYMEs.

La característica principal de la orientación dada a la Política Tecnológica en esta Comunidad, en el capítulo de empresas, es su elevado nivel de especialización según el agente principal del proceso de innovación. En este sentido, existen proyectos de **ayudas directas e indirectas** a las empresas.

Los proyectos que incorporan ayuda directa de la Administración Vasca pueden ser individuales o en cooperación. Estos últimos requieren la participación de algún centro tecnológico junto a una o varias empresas; por el contrario, los individuales son desarrollados por una única empresa, pudiendo implicar o no a algún centro de desarrollo.

Los proyectos de ayudas indirectas son los denominados genéricos, en los que se sugiere anticipadamente a los centros tecnológicos determinadas áreas de I+D, que posteriormente puedan ser objeto de proyectos individuales o en cooperación. En este sentido, la evaluación de las ayudas de la CAPV a la I+DT empresarial deben tener en cuenta tanto las recibidas por las empresas cuando proponen formalmente un proyecto, como aquellas otras que se han facilitado a los centros con el fin de que éstos investiguen y desarrollen siguiendo las indicaciones previas de las empresas o de sus agrupaciones.

Los proyectos individuales, y algunos de cooperación con dos socios, son los más parecidos a los proyectos de I+DT de la CM para PYMEs, habiendo supuesto en promedio anual ayudas directas comprendidas entre 800 y 900 M. Ptas., sobre presupuestos de empresas que se movían aproximadamente en una banda entre 5.200 y 5.800 M. Ptas. En este sentido, estas ayudas directas han supuesto porcentajes alrededor del 16% del valor medio sobre los presupuestos.

Por otro lado, las ayudas indirectas son difíciles de evaluar, aunque cabría indicar que se han asignado entre 1997 y 1999 para los ocho Centros del EITE importes de ayudas tres veces superiores a los que se concedieron a los proyectos individuales de la Comunidad de Madrid en las tres convocatorias de referencia.



## PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO ECONÓMICO DE PROYECTOS

El objeto de este documento es definir un conjunto de prácticas y criterios de valoración y justificación económica que sirvan para plantear y valorar adecuadamente el coste de los proyectos y permitan lograr mayor homogeneidad en la evaluación de las propuestas y posterior seguimiento de los proyectos aprobados.

### 1. ÁMBITO E INTERÉS DEL PROYECTO

Un proyecto de I+DT empieza con una idea técnica y comercialmente viable y termina cuando se dispone de un prototipo funcional de un nuevo producto o de un producto mejorado. No deben, por tanto, incluirse en la planificación y valoración del proyecto ni los estudios previos que confirmen su viabilidad técnico-comercial (sin cuyos resultados no habría sido posible preparar la propia propuesta), ni tampoco la fabricación de series o preseries industriales, aunque debe exponerse, de forma breve y clara, cuál es el nivel de conocimiento actual del tema en el que se encuadra el proyecto que se presenta. Debe hacerse asimismo una exposición clara y concreta acerca de las hipótesis que se plantean en el proyecto y que pueden constituir innovación científico-tecnológica. En aquellos proyectos planteados únicamente en aspectos de innovación tecnológica, deben especificarse qué o cuáles aspectos constituyen la aportación de la investigación en la innovación a introducir. Es importante que se indique las razones de la necesidad e interés por parte de la empresa en emprender la investigación propuesta. Deben destacarse las mejoras en el apartado tecnológico o calidad del producto o posibles beneficios a obtener, y qué repercusión puede tener en el aumento de productividad para la empresa, así como la posibilidad de generación de nuevos puestos de trabajo.

Debe también contener la bibliografía existente, comentada, destacando aquello que se considere relevante en relación con el proyecto que se pretende desarrollar.

### 2. METODOLOGÍA Y DEFINICIÓN DE TAREAS

Se debe definir la metodología propuesta de acuerdo con la hipótesis de trabajo, así como destacar el grado de originalidad de la misma.

La metodología propuesta debe estar encaminada a la resolución del problema a resolver.

El proyecto debe descomponerse en tareas claramente definidas, distinguiendo al menos entre las cuatro tareas básicas de Gestión del proyecto, fijación de Especificaciones, Diseño y Pruebas. Estas tareas pueden dividirse en subtareas, teniendo siempre en cuenta que el objetivo de esta división es facilitar el control y seguimiento del trabajo realizado, tanto para el responsable del proyecto dentro de la empresa como para la Comisión de Seguimiento.

Para cada tarea o subtarea que se defina deberá indicarse:

Actividad a realizar.

Duración y dependencia de otras tareas (resultados de tareas previas que son necesarios para iniciar la tarea en cuestión). Para que sea manejable fácilmente, esta información deberá presentarse, además, en la forma de un diagrama temporal de actividades.

- Resultados: productos o documentación elaborados en la tarea, cuya revisión permitirá verificar y valorar la calidad del trabajo realizado, como paso previo a la aprobación de cada tarea y de sus costes asociados.
- Esfuerzo necesario y costes de cada tarea, desglosados según se indica a continuación.

### 3. CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN DE LOS COSTES

Al realizar el presupuesto del proyecto se incluirán todos y solamente los costes atribuibles a las tareas de I+D, teniendo presente que deberán justificarse posteriormente. Estos gastos se clasifican en Gastos de Personal, Costes de Equipos, Costes de Material Fungible, Costes de Colaboraciones Externas y Gastos Generales.

Aparte de consideraciones generales bien conocidas, como que sólo son admisibles los gastos realizados desde que se presentó la propuesta hasta que el proyecto se considera finalizado, o la no inclusión del IVA como parte del gasto, se indican a continuación los conceptos que se incluyen en cada una de estas partidas y su forma de justificación.

### 3.1. GASTOS DE PERSONAL

Los gastos de personal de un proyecto de I+DT están relacionados con el número de horas dedicadas al proyecto *por el personal científico o técnico* que lo realiza. El coste horario salarial de cada persona implicada en el proyecto se calcula dividiendo su salario bruto anual y costes de seguridad social por el número total de horas productivas anuales, y se justifica mediante las nóminas y los documentos Tc1/Tc2 de la Seguridad Social. Cuando no sea posible aportar esta documentación (por ejemplo, socios de la empresa autoempleados como trabajadores autónomos), deberá autorizarse previamente el método de justificación a utilizar. Tanto en la propuesta como en la justificación posterior, en el listado de las diferentes tareas se indicará el esfuerzo, expresado en horas, y el coste de personal correspondiente, distinguiendo entre distintas categorías laborales cuando su coste horario sea claramente diferente.

### 3.2. COSTES DE EQUIPOS

Son los correspondientes a la amortización de equipos, instrumental, maquinaria o cualquier otro material inventariable propiedad de la empresa utilizados directamente en el proyecto, cuya necesidad y uso específico en las tareas de I+D deberán quedar reflejados en la planificación.

El coste del equipo se justificará mediante factura y su amortización se realizará en los plazos autorizados por el Ministerio de Economía. El coste imputable al proyecto es la parte del coste total del equipo que se amortiza durante cada tarea, calculado dividiendo la duración de la tarea, ponderada según el porcentaje de tiempo de uso del equipo en dicha tarea, por el plazo total de amortización.

### 3.3. COSTES DE MATERIAL FUNGIBLE

Esta partida incluye todo el material fungible necesario para la producción de los prototipos o demostración de la viabilidad técnica del proceso a desarrollar, e incluye, además de los propios materiales fungibles, como, por ejemplo, componentes electrónicos, reactivos químicos o piezas mecánicas, los procesos y trabajos especializados que no requieren de actividad de I+D, como pueden ser los mecanizados, realización de circuitos impresos, metalizado, etc.

No incluye material de papelería o fungibles informáticos, que se consideran parte de los gastos generales. Tampoco, en general, incluirá más gastos y materiales que los necesarios para la fabricación de un único prototipo. Si hiciesen falta varias unidades de un prototipo para verificar su funcionalidad (por ejemplo, cuando varios prototipos interaccionan entre sí), deberá razonarse su necesidad en la propuesta.

En todos los casos, los gastos se justifican mediante las facturas y justificantes de pago correspondientes.

### 3.4. COSTES DE COLABORACIONES EXTERNAS

Debe tenerse en cuenta que estos costes se refieren exclusivamente a tareas de I+D desarrolladas por personal científico-técnico ajeno a la empresa, y no a tareas administrativas o de gestión, que se consideran parte de los gastos generales, ni a la realización física de prototipos o piezas, que se contabilizaría en el capítulo de material fungible. El concepto más habitual de este capítulo es la colaboración con Universidades y Centros públicos de investigación.

Los costes a pagar a entidades externas se presupuestan para cada tarea y se verifican mediante la correspondiente factura y justificante de pago como coste global, no disgregando

dicho coste en personal, equipos, etc. Sólo si el subcontratista está vinculado a la empresa titular del proyecto o a alguno de sus socios, los costes de su personal de I+D deberán justificarse del mismo modo que los de la propia empresa, no admitiéndose en ningún caso que la transacción entre las dos entidades incluya beneficios.

### 3.5. GASTOS GENERALES

Se consideran gastos generales los que no están directamente relacionados con las tareas de producción e I+D (inmuebles, mantenimiento, energía, teléfono, papelería, personal de administración, gerencia, servicios generales, etc.), y que no son imputables a otros proyectos o a tareas de producción o ventas, como, por ejemplo, amortización de maquinaria o márketing. Para tener en cuenta estos gastos, se admitirá un incremento de un 20% en el coste total del proyecto, sin que sea necesario aportar justificación.

## 4. MODIFICACIONES

Una vez aprobada la concesión de ayuda a un proyecto y firmado el acuerdo correspondiente entre la empresa y la Comunidad de Madrid, el plan de trabajo y presupuesto que figuren en la propuesta serán la única referencia que utilizará la Comisión de Seguimiento para dictaminar el adecuado cumplimiento de los términos de dicho acuerdo y la consiguiente aprobación o rechazo de los gastos presentados por la empresa.

Cualquier modificación posterior del plan de trabajo (costes, plazos, actividades o participantes) deberá contar con la aprobación previa y por escrito de la Comisión de Seguimiento, quien dictaminará si el cambio propuesto afecta a los objetivos y condiciones que dieron lugar a la concesión de la ayuda y, si procede, propondrá la correspondiente modificación de su cuantía.



# Bibliografía

---



- Cooperación tecnológica entre centros públicos de investigación y empresas*, Dirección General de Investigación, Consejería de Educación y Cultura, Comunidad de Madrid, Madrid, 1998.
- Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas, 1994*, INE, Madrid, 1997.
- Estadística sobre las Actividades de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D)*, INE, Madrid, varios años.
- FUNDACIÓN BBV: *Capitalización y crecimiento de la economía madrileña 1955-1997*, Bilbao, 1998.
- FUNDACIÓN COTEC: *El Sistema Español de Innovación. Diagnósticos y Recomendaciones*, Madrid, 1998.
- FUNDACIÓN COTEC: *Informe Cotec 1999*, Madrid, 1999.
- Madrid centro de investigación e innovación*, Dirección General de Investigación, Consejería de Educación y Cultura, Comunidad de Madrid, Consejo Económico y Social, Comunidad de Madrid, Madrid, 1999.
- M. BUESA y J. MOLERO: "Innovación y Cambio Técnico", incluido en JOSÉ LUIS GARCÍA DELGADO (dir.): *Estructura Económica de Madrid*, Biblioteca Civitas Economía y Empresa, Madrid, 1999.
- Investigación y desarrollo en la Comunidad de Madrid*, Dirección General de Investigación, Consejería de Educación y Cultura, Comunidad de Madrid, Madrid, 1998.
- Plan de Ciencia y Tecnología 1997-2000*, Gobierno Vasco.
- Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 2000-2003*, volumen 1: "Objetivos y Estructura", Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología.
- PRICIT*, Dirección General de Investigación, Consejería de Educación, Comunidad de Madrid.





## **Tabla de acrónimos utilizados en el texto**

---



AGE	Administración General del Estado
ANEP	Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva
ATYCA	Iniciativa de apoyo a la tecnología, la seguridad y la calidad industrial
BOCM	Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid
CAPV	Comunidad Autónoma del País Vasco
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial
CE	Comisión Europea
CETEMA	Centro Tecnológico de Madrid
CICYT	Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CIRIT-CIDEM	Comisión para la investigación y la Innovación Tecnológica- Centro de Información y Desarrollo Empresarial
CM	Comunidad de Madrid
COTEC	Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica
CPI	Centro Público de Investigación
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
CVC	Centro de Visión por Computador
DG	Dirección General
DGI	Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
EITE	Asociación Vasca de Centros de Investigación Tecnológica
FEDER	Fondo Europeo de Desarrollo Regional
I+D	Investigación y Desarrollo
I+DT	Investigación y Desarrollo Tecnológico
IFA	Instituto de Fomento Andaluz
IMADE	Instituto Madrileño de Desarrollo
ITGE	Instituto Tecnológico Geominero de España
INSERSO	Instituto Nacional de Servicios Sociales
LEFICIT	Ley de Fomento de la Investigación Científica e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid
LRU	Ley de Reforma Universitaria
MINER	Ministerio de Industria y Energía
MCT	Ministerio de Ciencia y Tecnología
OPI	Organismo Público de Investigación
OTRI	Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación
PNID	Plan Nacional de Investigación y Desarrollo
PM	Programa Marco
PRICIT	Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
TIC	Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones
UA	Universidad de Alcalá
UAM	Universidad Autónoma de Madrid
UC3M	Universidad Carlos III de Madrid
UCM	Universidad Complutense de Madrid
UE	Unión Europea
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
URJC	Universidad Rey Juan Carlos