

## ESTUDIO DE CASO INDIVIDUAL<sup>1</sup>

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

**Título:** Preparación y caracterización de películas delgadas de óxidos de hierro.

**Investigador Principal:** Álvaro Morales Aramburo.

**Período de Ejecución inicial:** 24 Meses.

**Entidad ejecutora:** Universidad de Antioquia.

### Financiación<sup>2</sup>:

Valor total	\$ 196.223.307
Financiado por Colciencias	\$ 73.962.053
Contrapartida de la entidad ejecutora	\$ 122.261.254
Contrapartida otras entidades	\$ -

**Modalidad:** Recuperación Contingente.

### DESARROLLO DEL CASO.

#### Antecedentes.

Los antecedentes se remontan a trabajar óxidos de Hierro desde 1993 en el uso de estados sólidos y también en el uso de corrosión. Desde esa época se sintetizaba óxidos de Hierro y se estudiaba la corrosión en varios ambientes como empresas, entre otros. Pero siempre se tenía la visión de trabajar con sistemas protectores de los aceros.

Se requirió formar un grupo de diferentes subtemas de la física porque había experiencia en óxido de Hierro, en otros sistemas como superconductores y otros miembros que querían trabajar en simulación de películas delgadas. Se

---

<sup>1</sup> Información tomada del archivo del proyecto de COLCIENCIAS y complementada con la entrevista al Dr. Álvaro Morales Aramburo de la Universidad de Antioquia.

<sup>2</sup> Tomada a partir de los datos depositados en el Acta de liquidación y su correspondiente memorando de elaboración.

unieron entonces en este proyecto profesionales de la física en el área de estudios sólidos en diferentes subtemas.

Aparte de la financiación de Colciencias, se consiguió otras fuentes de financiación dentro de la universidad, particularmente la Vicerrectoría de investigación, con el programa denominado *sostenibilidad*. Básicamente los compromisos son los mismos de Colciencias: generación de productos de investigación, formación de estudiantes, y de consecución de fuentes externas de financiación. Con base en estos criterios se obtuvo la financiación conjunta entre Colciencias y la universidad.

En el año 2002 el grupo estaba en categoría B de Colciencias y es un grupo que se caracteriza por sostener una gran cohesión y confianza. El grupo se inicia en 1973 pero toma una gran fuerza partir de la década del 90 cuando varios profesores y estudiantes de la universidad Antioquia fueron hacer el Doctorado a la Universidad del Valle. Cuando regresaron se formó dicho grupo junto con otros que regresaban de universidades extranjeras.

### **Logros del proyecto.**

No hubo problema con el cumplimiento o de las metas y resultados, que incluso superaron las expectativas especialmente en el número de estudiantes involucrados y en el número de pasantías, un Post Doctorado, entre otros efectos colaterales positivos que generó el proyecto.

Entre los resultados fundamentales del proyecto son las películas de recubrimiento las que se querían obtener desde un principio. Dichas películas abren la posibilidad para que los óxidos de Hierro brinden una protección a distintos materiales. Como consecuencia de esto se creó la necesidad de una cámara de películas semi-industrial que ya se está construyendo en la universidad para poder recubrir artefactos grandes no solamente con óxidos de Hierro sino también con otros materiales. Se formaron más estudiantes de los previstos.

En principio los resultados previstos consistían en la formación de tres estudiantes pero los resultados fueron aún mayores: estudiantes de Maestría (3 estudiantes, todos haciendo sus doctorados), Doctorado (2 estudiantes, ahora profesores de planta y ocasional), Pregrado (tres estudiantes, todos ya

haciendo el doctorado en el exterior). Es decir, cinco estudiantes más de los proyectados.

En cuanto publicaciones, se cumplieron con las propuestas.

El conocimiento que se adquirió fue la técnica para aprender a crecer películas y su estudio y caracterización por distintos métodos de óxidos de Hierro como rayos X, infrarrojo, entre otros. Y también se adquirió conocimiento en la aplicación de estas experiencias en la industria del cual surge otro proyecto, ya mencionado, de la cámara semi-industrial. Es decir este proyecto fue la puerta de entrada para plantear un proyecto con aplicación industrial. Era un proyecto básico que conllevó a nuevos proyectos con aplicación social.

## **ANÁLISIS.**

### **Motivación.**

Surgió la necesidad de generar un proyecto para estudiar los óxidos de Hierro pero en forma de película delgada con el fin de depositarlos en un acero o en otros materiales con el fin de protegerlos de la corrosión, idea que se originó después de casi diez años de trabajo. A pesar de que ya tenían un trabajo de óxido de Hierro en polvo, el reto ahora era trabajar las propiedades del mismo en película. Sin embargo también tenían experiencia de crecimiento de películas en otros sistemas como los superconductores.

### **Aprendizajes.**

Las fortalezas nuevas del grupo son los nuevos conocimientos en el área de estudio, creación de nuevos grupos, formación de investigadores autónomos e independientes que aportan ideas nuevas, relaciones no jerárquicas que crea dinámicas de generación de conocimiento y redes, trabajo en equipo de excelencia, un ambiente de trabajo muy positivo para aprender con propósitos mayores.

El grupo incluso se ha superado a sí mismo y se ha dividido en varios grupos debido al crecimiento y escisiones del conocimiento después de terminado el proyecto

## **Gestión.**

Los recursos financieros fueron suficientes para lograr las metas. No hubo mucho problema financiero. Muchos estudiantes ya tenían becas y el proyecto no tuvo que financiar este rubro. Hubo un problema con la compra de un artefacto que después no fue aceptado por Colciencias dado que, explícitamente estaba presupuestada en el proyecto la compra de un artefacto, pero no era exactamente el artefacto que estaba por escrito. De tal forma, que se tuvo que devolver un dinero por esta razón. Esto les pareció que fue demasiado estricto, porque si se había presupuestado y no se pudo aclarar el problema por la especificidad de la justificación de dicha compra.

Cada coinvestigador hizo su trabajo muy bien, son personas que se caracterizan por ser poco conflictivas y muy solidarias. Consiguieron incluso otros recursos para pasantías así como otra financiación por la misma gestión del grupo. Claro que el proyecto era el punto de partida muy importante para lograr gestionar otra financiación.

Una dificultad que se presentó estuvo relacionada con un equipo que se compró y llegó con un defecto de fábrica. Aunque la garantía cubría dicho imperfecto, esto costo tiempo al proyecto. Al final tuvo que en negociar ser una extensión, pero no hubo problema con dicha solicitud ante Colciencias.

## **Factores de éxito.**

Los factores de éxito en este proyecto fueron:

- Los profesores y los estudiantes. Los profesores involucrados fueron seis y los estudiantes fueron ocho.
- El apoyo de Colciencias y de la universidad.
- El conocimiento y las redes entre todos estos actores fueron factores de éxito.
- La calidad del personal a nivel personal y como investigadores fueron indispensables.

## **Impactos.**

En Grupos de investigación:

- Fortalecimiento del grupo de investigación.
- Creación de nuevas líneas de investigación.
- Participación en redes de investigación de carácter informal a nivel nacional e internacional.
- Uso docente de los resultados de los proyectos a nivel de Maestría y Doctorado.
- Conformación de un grupo de investigación.
- Se generaron proyectos posteriores con la participación de empresas.
- Aprendizajes en gestión de proyectos con Colciencias y compras internacionales.

Organizacionales:

- Aprendizajes en gestión.
- Desarrollo de nuevas metodologías de caracterización de desarrollo de películas.
- Formalización de rutinas I+D+I. de en la organización.
- Se mejoró la calidad de la comunicación.
- Nuevas prácticas de interacción entre unidades de la organización.
- Nuevas prácticas culturales al interior
- Incorporación de nuevos conocimientos hacia la organización.
- Reinversión en nuevos proyectos.

Científico- tecnológicos:

- Formación de Recurso Humano a nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado.
- Pasantías nacionales e internacionales.
- Mejoramiento de la infraestructura para la I+D+I.
- Publicaciones internacionales.
- Protocolos internos de laboratorio.
- Desarrollo de una tesis meritoria y una tesis sobresaliente.
- 4 coautorías nacionales y 8 coautorías internacionales.
- Difusión a nivel de eventos con algunos industriales.
- Desarrollo de alianzas estratégicas con universidades nacionales y centros internacionales.

- Mejoramiento de procesos de producción y caracterización de películas delgadas.
- Generación de nuevos conocimientos en ciencias naturales.

### **Conclusiones.**

Desafortunadamente, estos procesos no se apoyan de manera continua sino que se dejan de apoyar, muchas veces por cambios de evaluadores de propuestas en Colciencias, u otros eventos fortuitos que no tienen en cuenta procesos que vienen desarrollándose de tiempo atrás. Proyectos como éstos se ven por tanto frustrados para extenderse y encontrar aplicación social. No hay continuidad en el apoyo de estos procesos y muchas veces son problemas de política de ciencia, tecnología e innovación. Por ejemplo, les fue rechazada una propuesta de proyectos doctorales en óxidos de Hierro presentada Colciencias pues los evaluadores consideraron que un doctorado en este tema no era viable, a pesar de haber demostrado con el proyecto analizado que si se contaba con las capacidades para llevar a feliz término dichos doctorados. Es decir, se presentan dos proyectos doctorales enmarcados en la línea de investigación propia del grupo, pero evaluadores externos consideraron inviable el financiamiento de estos proyectos en esa línea de investigación en la que el grupo había demostrado resultados positivos a Colciencias anteriormente.

Sin embargo, esos dos estudiantes o proyectos doctorales pudieron salir adelante a pesar de la negativa de Colciencias. De esta manera no se reconocieron años de experiencia de investigación en ese problema, y se hace un daño al grupo de investigación al no tener en cuenta en la evaluación dicha experiencia. Se presenta así una inconsistencia entre los proyectos apoyados por Colciencias y una política de apoyo para la continuidad de los procesos de investigación y aplicación social e industrial.

### **Aprendizajes.**

#### Factores impulsores de la obtención de impactos

Sin la financiación de Colciencias no se hubiera podido formar, ni generar toda esta experiencia y conocimientos. Fue una financiación crucial, no se puede hacer investigación sin una buena financiación, la política de financiación por tanto conlleva a compromisos de formación, de generación de conocimientos,

entre otros impactos. Se considera que las ciencias básicas deben ser financiadas por el estado.

#### Factores inhibidores de la obtención de impactos.

Falta la financiación y apalancamiento de la industria. La industria colombiana no está suficientemente desarrollada en el sentido de generar nuevo conocimiento y tecnologías, es más de franquicias y compra de patentes. Es decir, reproduce pero no genera. Y para que la academia y la ciencia básica lleguen a la industria requiere procesos con mayores escalas de inversión que no permiten que se consoliden estas relaciones. Es decir la investigación puede costar cinco veces más que los procesos de prototipos y pruebas de análisis lo cual requiere una participación del sector privado fuerte, pero se dejan estos procesos al azar.

La mayoría de la industria funciona con conocimiento que no es generado en el país. Por ejemplo, las ensambladoras de autos generan sólo el 30 por ciento del proceso, mientras que el 70 por ciento es importado. A medida que se necesita realizar procedimientos de mayor complejidad y que exige mayor calidad y estándar internacional, se necesita también mayor generación de capital humano y conocimiento y masas críticas.

El eje educación, ciencia y tecnología es también un eje económico. Un camino para generar empleo, por lo tanto no sólo se debe concentrarse en los proyectos de infraestructura. La educación, la ciencia tecnología también son adecuados para ello.