

y soluciones tecnológicas, así como el reto de la competitividad internacional a que se enfrentan las empresas por la apertura de mercados.

Con toda la información reunida, se consideró que un programa de ingeniería de materiales contribuiría a atender dichas necesidades. Para ponerlo en marcha se contaba con el personal necesario, pues en la zona noreste existían más de veinte especialistas con grado de doctor dispuestos a participar. Varias empresas locales (HYLSA, Metalsa, Fama y Vitrotec), al igual que el Conacyt, se interesaban en apoyar los proyectos de investigación correspondientes.

Existían entonces los recursos humanos y materiales para que la UANL instituyera el Programa de Doctorado en Ingeniería de Materiales, que fue el primero en abandonar la rutina tradicional de traspaso y acumulación de conocimientos para enriquecer el aprendizaje mediante la experiencia de los proyectos de investigación y desarrollo. Con este enfoque se evita, además, la ejecución de proyectos que son meramente especulativos y tienen la influencia de las modas o los trabajos realizados en otros países.

Las pautas de investigación se definieron de tal manera que los proyectos de la industria local, en lo que respecta a materiales, tengan una presencia permanente. Se busca que los proyectos beneficien a la comunidad, al tiempo que el rigor científico en la asimilación de conocimientos y el manejo de la información proporcione material para los trabajos terminales de los aspirantes al título de doctor en ingeniería con especialidad en materiales.

Líneas y proyectos de investigación

Las investigaciones que se realizan en el Programa responden a necesidades específicas de las empresas que deciden, por esa misma razón, hacer aportaciones económicas. Las líneas de investigación activas son las de:

- **Propiedades de los materiales**

Se estudian las propiedades físicas y mecánicas de los materiales en función de su procesamiento y microestructura.

- **Reología de materiales**

Se examina el comportamiento de los materiales cuando se deforman, lo cual incluye la elaboración de modelos y leyes constitutivas.

- **Fenómenos de transporte**

Se analizan los fenómenos de transferencia de calor, masa y momento en los materiales.

- **Simulación de procesos**

Se elaboran los modelos físicos y matemáticos que permitan predecir el comportamiento de los materiales transformados.

Vinculación con la industria

Desde un principio el Programa de Doctorado en Ingeniería de Materiales de la UANL ha tenido una estrecha vinculación con la actividad industrial. Uno de los objetivos del programa es que los investigadores jóvenes realicen tesis de grado sobre temas de interés para la industria y la sociedad mexicanas. Tales trabajos se elaboran en el marco de proyectos específicos que realizan de manera conjunta profesores del programa y personal de las empresas participantes, por lo cual se desarrollan en las instalaciones universitarias o en la industria, según las necesidades de cada proyecto. De manera breve se puede afirmar que el Programa se ha entrelazado con la industria en trabajos que comprenden desde la capacitación de personal para poner en marcha una planta de laminado hasta el apoyo en el desarrollo de tecnología para producir nuevos materiales. El monto total de los proyectos que el Programa ha manejado con la industria asciende a más de 300 000 dólares anuales; el valor de cada uno debe ser menor de 60 000 dólares al año. A continuación se enlistan algunos de los principales proyectos con apoyo industrial en que la profundidad de la investigación generó tesis de grado.

Empresa	Periodo	Contrato	Tesis
FISA	1989-1991	Desarrollo de nuevos productos	Doctorado (1)
Galvak	1989	Fabricación de lámina galvanizada	Maestría (1)
Gamesa	1990	Deformación de placas en moldes para galletas	Maestría (1)
HYLSA (División Aceros Planos)/ Conacyt	1991-1993	Aplicación de los modelos de simulación matemáticos para solucionar problemas en la industria siderúrgica	Maestría (2) Doctorado (3)
HYLSA (División Tecnología)	1987-1991	Cinética de reducción de minerales de hierro	Doctorado (1)
	1987-1991	Recuperación de soldaduras de alta aleación	Maestría (1) Doctorado (1)
		Cinética de carburización y sulfhidración de aleaciones expuestas a atmósferas reductoras	Maestría (1)
Grupo Industrial Peñoles	1990-	Estudio teórico experimental del arco eléctrico y la velocidad de enfriamiento en la magnésita electrofundida	Maestría (2) Doctorado (1)
Vitroflex	1989-1990	Susceptibilidad al rayado del vidrio templado	Maestría (1)

A lo largo de los proyectos se han generado más de 160 informes de investigación para las empresas, además de numerosas publicaciones y presentaciones en congresos nacionales e internacionales que permiten difundir el conocimiento (siempre



Desde un principio el Programa de Doctorado en Ingeniería de Materiales de la Universidad Autónoma de Nuevo León ha tenido una estrecha vinculación con la actividad industrial. Uno de los objetivos del programa es que los investigadores jóvenes realicen tesis de grado sobre temas de interés para la industria y la sociedad mexicanas. Tales trabajos se elaboran en el marco de proyectos específicos que realizan de manera conjunta profesores del programa y personal de las empresas participantes, por lo cual se desarrollan en las instalaciones universitarias o en la industria, según las necesidades de cada proyecto

y cuando no se afecte algún convenio de confidencialidad firmado con las empresas). El Conacyt, por medio del Programa de Enlace Academia-Industria (Preain), apoya otros trabajos conjuntos con HYLSA, Nematik y Magnelec.

Frutos iniciales

Los logros más relevantes alcanzados en el Programa se enumeran en los siguientes apartados.

Premios de investigación UANL

El Programa ha obtenido dos importantes reconocimientos institucionales. Uno es el Premio de Investigación UANL 1991 en el área de ingeniería y tecnología por un trabajo de tesis doctoral, "Desarrollo de un modelo matemático de reducción topoquímica de pelets de mineral de hierro", cuya parte experimental se realizó en las instalaciones de HYLSA (División Tecnología), donde se contó con los laboratorios de la empresa y equipos tales como una planta piloto de reducción directa que permitió obtener información clave para validar el modelo.

Es importante destacar que un equipo de ese tipo sólo se puede encontrar en una empresa; sin él resultaría muy difícil probar el modelo que se presentó como trabajo doctoral. También cabe resaltar que la empresa cubrió todos los gastos derivados del proyecto, desde búsquedas bibliográficas y materiales de consumo hasta la operación de los equipos.

Otra tesis doctoral del Programa ganó el Premio de Investigación UANL 1992. El trabajo, "Evolución microestructural de acero refractario HP40+Nb sometido a altas temperaturas", se planteó ante una necesidad específica de la empresa HYLSA (División Tecnología). El desarrollo teórico-práctico respectivo generó material para una tesis de maestría, pero la profundización del estudio fue tal que se convirtió en una contribución de nivel doctoral. Al igual que el trabajo anterior, la empresa financió el proyecto y los alumnos recibieron apoyo del Conacyt.

Una de las ventajas de trabajar en proyectos industriales es, sin duda, el contacto con personas que ponderan los resultados de la investigación desde un punto de vista empresarial y a quienes la perspectiva universitaria les trasmite el interés por la investigación y la búsqueda del conocimiento.

Alumnos activos

En la actualidad se cuenta con 17 alumnos de maestría y 9 de doctorado. Entre los primeros figuran tres profesores de licenciatura con respaldo de sus instituciones para obtener ese grado y continuar luego con el doctorado. Dos de los alumnos que cursan el doctorado cuentan con el apoyo del Centro de Investigación en Química Aplicada, uno con el de la empresa Refractarios Mexicanos del Grupo Industrial Peñoles y otro con el del Departamento de Investigación y Desarrollo de HYLSA; el resto de los aspirantes al doctorado participa en proyectos con la industria en los que interviene el Conacyt por medio del Preain.

Envío de alumnos por empresas

La confianza de las empresas en que los conocimientos adquiridos por los alumnos, junto con la experiencia derivada del trabajo de tesis, son útiles para el desarrollo de la industria se manifiesta en las comisiones de personal del área de investigación para que cursen estudios de posgrado en el Programa de Doctorado en Ingeniería de Materiales.

Alumnos graduados

Hasta ahora doce alumnos han obtenido el grado de maestría y dos el de doctor.

Contribuciones para la construcción de una planta industrial

En el marco de un convenio con el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Grupo Industrial Peñoles se ejecutó un proyecto sobre electrofusión de magnesita cuyos resultados proporcionaron información suficiente para una tesis de grado de maestría. La información se utilizó, además, en el arranque de una nueva planta del Grupo Peñoles para producir magnesita electrofundida. Actualmente esta empresa participa en un proyecto del Preain cubierto por dos alumnos: uno aspira al título de maestría y el otro al de doctorado.

Infraestructura física

Los proyectos con la industria permiten obtener apoyo para infraestructura física, además de facilidades para utilizar instalaciones de las empresas y tener acceso a sus centros de documentación. Buen ejemplo de esto es la compra de equipo especializado para análisis termogravimétrico en el marco de un proyecto con apoyo de HYLSA; otro es un donativo por la empresa Vitro de 1 200 libros y documentos diversos para el acervo bibliográfico.

Publicaciones

Como resultado de los trabajos del Programa, en los últimos cinco años se han publicado más de 70 trabajos (por lo menos 20 con participación de alumnos) con arbitraje en revistas y reuniones nacionales e internacionales. En esos materiales se garantiza el respeto de los convenios de confidencialidad entre las empresas y la Universidad.

Planta de profesores auxiliares

El Programa cuenta con la participación activa de miembros de las empresas con grado de doctor, quienes fungen tanto como enlaces entre universidad e industria cuanto como profesores de asignatura.

Comentarios finales

El reconocimiento de la comunidad científica hacia el Programa se pone de relieve con la decisión del Conacyt de incluirlo en su Padrón de Programas de Calidad, con lo que se tiene acceso a los apoyos respectivos (becas, colegiaturas, apoyo de infraestructura). Actualmente cuentan con aval dos proyectos del Preain, dos más de apoyo a la infraestructura física y uno del Programa de Apoyo a la Ciencia en México (Pacime), cuyo monto suma más de 1.2 millones de dólares. Merced a estos apoyos, el Programa contará con un laboratorio de pruebas mecánicas y otro de microscopía electrónica.

La industria, particularmente HYLSA, Peñoles y la Comisión Federal de Electricidad, reafirmó su voluntad de mantener la colaboración con la UANL mediante la firma de un convenio que atestigüe el gobernador estatal de Nuevo León. Con el esfuerzo compartido con la industria mexicana en pos del desarrollo científico y tecnológico, el Programa de Doctorado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL complementa su labor de formar investigadores muy calificados con grado de doctor y promover grupos de investigación multidisciplinarios para resolver problemas de la comunidad en general.

Sin duda la convergencia de condiciones propicias tales como las instalaciones adecuadas en la propia Universidad, la presencia de especialistas comprometidos, el respaldo gubernamental por medio del Conacyt y el ánimo empresarial para continuar apoyando proyectos de investigación y desarrollo, permite que el Programa cumpla la responsabilidad de formar investigadores de alto nivel profesional que con su capacidad creativa e innovadora contribuyan al desarrollo tecnológico de los sectores público y privado. En el Programa de Doctorado en Ingeniería de Materiales se entrelazan, mediante la investigación básica y aplicada, la educación superior y la industria mexicana conforme a los requerimientos dinámicos del país y las necesidades del desarrollo económico y social regional. 