

DISCURSO PRONUNCIADO  
POR EL NUEVO DOCTOR  
TILO PFEIFER

*Excmo. Sr. Rector Magnífico  
Excmas. e Ilmas. autoridades  
Miembros del Claustro Universitario  
Señoras y señores*

**O**S AGRADEZCO el alto aprecio y distinción que me demostráis al concederme el título de doctor honoris causa, la mayor distinción de vuestra universidad, lo que me alegra, emociona y honra profundamente.

Pero admito sinceramente que esta satisfacción y alegría incluye una importante dosis de orgullo. Estoy orgulloso porque valoro enormemente los servicios y la reputación de vuestra universidad, con la cual ahora me siento más fuertemente unido. Y también porque creo haber contribuido un poco al impresionante desarrollo y organización de importantes materias transversales en vuestra universidad, como, por ejemplo, la metrología, la gestión de la calidad y automatización de la fabricación.

Aquí pienso sobre todo en la estrecha cooperación con mi estimado colega profesor Torres Leza y sus colaboradores. Junto con otros socios europeos de la industria y de la investigación hemos resuelto con gran éxito complejos proyectos de metrología óptica, medición por coordenadas e ingeniería de la calidad.

En dicha cooperación siempre me ha fascinado la voluntad, motivación y alto grado de eficacia con los que mi colega y sus jóvenes colaboradores asumen los retos y los exigentes objetivos. Además, nuestros acuerdos para intercambio de estudiantes y proyectos fin de carrera ofrecen una base muy efectiva para futuros desarrollos.

Estimadas damas y caballeros: permitidme que os exponga brevemente esta base, que busca la excelencia en investigación, docencia, formación y perfeccionamiento profesional, con la perspectiva de mi trabajo universitario en la Rheinisch-Westfälischen technische Hochschule de Aquisgran (RWTH Aachen) desde hace más de treinta años.

La RWTH Aachen, fundada a finales del penúltimo siglo, es hoy una de las mayores universidades tecnológicas alemanas, con más de treinta mil estudiantes. Su estructura clásica incluye diez facultades, desde las Ciencias Naturales, pasando por Ingeniería, hasta Medicina. La Ingeniería se divide en especialidades, como la de Técnicas de Producción, una de las más demandadas, a la que pertenece mi instituto. Esta especialidad la conforman cuatro áreas: Gestión de la Producción, Procesos de Fabricación, Máquinas Herramienta y Metrología y Gestión de la Calidad, de la que soy catedrático responsable desde hace treinta años.

Para ser exacto, en vez de «mi instituto», debo decir «nuestros institutos»: cuatro catedráticos dirigimos colegiadamente el Instituto de Máquinas-herramienta (WZL), el Instituto Fraunhofer de Tecnologías de la Producción (IPT) y el WZL-forum.

En este marco institucional, más de mil empleados, entre profesores, ayudantes, doctorandos, técnicos y estudiantes becarios, compartimos una intensa investigación básica y una extensa investigación aplicada. Esta última se enfoca hacia la transferencia de conocimientos y las aplicaciones industriales, especialmente hacia los sectores de automoción, aeronáutica, máquinas-herramienta, así como el de otras máquinas e instalaciones industriales.

La agrupación de las cuatro áreas citadas nos configura como el mayor centro de investigación en tecnologías de la producción de Alemania, y nos permite resolver complejos problemas aplicando soluciones sistémicas.

Una estructura financiera diversificada y un presupuesto anual de unos treinta millones de euros nos aportan una excelente infraestructura, que satis-

face los modernos requisitos de las tecnologías de la producción. Estos ingresos proceden sobre todo de proyectos industriales y de fondos públicos de investigación, y posibilitan la estrecha colaboración con las aplicaciones en sectores clave para el desarrollo económico.

Nuestro organigrama es muy plano, con sólo tres niveles: ayudantes del profesor, jefes de grupo y colaboradores de proyectos; lo completan los servicios comunes de apoyo para contabilidad, construcción, informática, etc.

Describir nuestros institutos, tanto el universitario (WZL) como el Fraunhofer (IPT), rebasaría el marco temporal de este acto. Por ello detallaré sólo las tareas docentes e investigadoras y el desarrollo aplicado en la cátedra de Metrología y Gestión de la Calidad que dirijo. El contenido responde muy bien a los campos de aplicación claves de la especialidad. Como ejemplo describiré dos proyectos de investigación que corresponden a cada uno de estos campos.

En el campo de la metrología destaco las siguientes líneas de investigación:

- Desarrollo e integración de sensores
- Medición por coordenadas
- Metrología robótica
- Procesamiento de imágenes
- Tecnologías de medición óptica
- Metrología por interferencias espectroscópicas.

El primer proyecto, basado en la *Ingeniería inversa*, analiza la aplicación de sensores ópticos en medidoras por coordenadas para optimizar la producción en la industria automotriz usando la simulación de pruebas de colisión.

Mientras que la *Ingeniería directa* recorre el diseño (CAD), el cálculo (CAE), la fabricación y la medición, la Ingeniería inversa parte de un modelo de carrocería a escala que permite generar los datos de CAD. Se trata de obtener la topografía superficial de las piezas, mediante un medidor tridimensional con dos ejes de giro adicionales y un sensor óptico de barrido, iluminado por un proyector de líneas. La geometría de la chapa es compleja y debe medirse con gran exactitud, dividiéndola en pequeñas zonas y obteniendo una nube de puntos. La nube de más de 300 000 puntos se convierte a formato VDAF o IGES. Finalmente, el programa calcula y genera las caras y espacios, integra todas las piezas y permite modificar varios parámetros, como el número de ite-

raciones o el orden de aplicación de las funciones matemáticas. La exactitud del proceso completo se puede verificar con los datos reales de las piezas. Todas las piezas generadas son agrupadas para formar el frente de un coche en el programa de CAD. Un módulo de elementos finitos (CAE) simula una colisión real para producir piezas de chapa metálica con igual o mejor resistencia a la deformación, pero fabricadas con materiales más económicos.

En este contexto debo citar el proyecto realizado con el Instituto Alemán Físico-Técnico (PTB) en Braunschweig y con la Universidad de Zaragoza, en el marco de la Unión Europea, para la aplicación de sensores ópticos en equipos de medición por coordenadas. En este proyecto se elaboraron las bases para la definición de cuerpos y procedimientos de calibración de sensores.

En el campo de la gestión de la calidad desarrollamos las siguientes líneas:

- Sistemas de gestión de la calidad
- Métodos de gestión de la calidad
- Bucles de calidad
- Gestión del conocimiento.

Aquí también quiero presentar como ejemplo el proyecto «Mejora de la Calidad de Procesos y sus Interfaces», para mejorar la comunicación en las organizaciones aplicando los métodos de la calidad. Se inició considerando que la comunicación interna es un elemento crítico para el óptimo desarrollo de procesos y, por lo tanto, para alcanzar una elevada calidad de los productos. Parte de la premisa de que un empleado sólo puede llevar a cabo sus tareas dentro de un proceso si conoce sus objetivos y recibe información de las otras tareas o subprocesos dentro de la organización. La comunicación entre las tareas del proceso es, por ello, de gran importancia.

Esta comunicación se efectúa a través de diferentes interfaces, que conectan a todos los implicados en el proceso dentro de la estructura de la organización. Aquí se originan en la práctica los problemas de colaboración entre los empleados. Algunos de los problemas más citados son, por ejemplo:

- insuficiente definición de las interfaces,
- diferencia en el lenguaje técnico,
- transmisión incompleta o lenta de la información,
- cooperación insuficiente,
- definición borrosa de los resultados por alcanzar.

El objetivo principal que perseguía el proyecto fue la mejora cualitativa de los procesos a través de la definición exacta e inequívoca de las interfaces y de sus requisitos de comunicación e información. El centro de la investigación lo formaban pequeñas y medianas organizaciones.

La transferencia de información empresarial se realiza por diferentes canales, lo que motiva que se vea influenciada por diversos factores. El punto de partida en el proyecto fue la consideración del ser humano y de su comportamiento como factor determinante en la comunicación. Cada uno de los participantes del proceso debe saber qué información ha de transmitir, cuándo y a quién. Este conocimiento no es suficiente. Un requisito indispensable es la cualificación del personal tanto para la recepción como para la entrega de información.

El procedimiento seguido en el proyecto se inició con la identificación de los procesos claves y de soporte en la organización. Mediante la división en subprocesos y su posterior estructuración se pudieron esquematizar en una forma transparente los complejos procesos de la empresa piloto. En esta fase del proyecto se definieron claramente las interfaces de cada uno de los subprocesos y se identificaron los requisitos para la comunicación interna gracias a la aplicación de un método desarrollado en la RWTH Aachen con el nombre de *matriz de la estructura del proceso*.

Sobre la base de la estructura del proceso se elaboró finalmente un modelo en el cual se representaron las necesidades de comunicación e información para cada una de las interfaces. Un detallado análisis del modelo permitió encontrar los fallos y puntos débiles en la comunicación. Así se acomodó la información a los requisitos de los participantes en el proceso y se alcanzó una mejora en el rendimiento del proceso.

Con los conocimientos adquiridos fue posible construir un perfil del empleado, que informa sobre las competencias específicas, metódicas y sociales necesarias para efectuar una tarea, y permite elaborar módulos de cualificación del personal. Con la autoevaluación en la fase final del proyecto se alcanzan a la vez dos objetivos: se estiman las necesidades de cualificación del personal y se evalúa la definición, así como el posterior alcance de los objetivos de la cualificación. El resultado es un bucle de la calidad, es decir, la mejora continua de los procesos en la organización.

Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Ciencia e Investigación de Renania del Norte-Westfalia y los resultados se aplican hoy en día con éxito en la industria.

Para la investigación de vanguardia en estas áreas no basta con el apoyo económico de una buena financiación para proyectos de investigación y desarrollo; se necesita sobre todo un equipo de trabajo muy cualificado. Esto se logra con una formación bien fundada en las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, así como mediante seminarios de profundización en técnicas expositivas, retórica, gestión de proyectos, del tiempo, etc.

Los cursos impartidos por mi cátedra son:

- Gestión de la Calidad I y II
- Gestión de la Calidad en el desarrollo de productos
- Metrología en la Producción
- Medición Eléctrica de Dimensiones Mecánicas I y II
- Metrología Láser
- Metrología para Microsistemas.

Además se ofrecen para todos los cursos prácticas y talleres de profundización. Los cursos se imparten para cuatro titulaciones de ingeniería superior y maestrías. En las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial se dictan los cursos en alemán, mientras que las maestrías de Ingeniería de la Producción e Ingeniería Automotriz se dan en inglés.

Los materiales de estudio para los cursos dictados por mi cátedra han sido también documentados en diversos libros, que ofrecemos a nuestros estudiantes. A este respecto me alegra muy especialmente que mi libro sobre gestión de la calidad haya sido traducido, adaptado y ampliado en la versión española por mi colega el profesor Torres. Aquí debo manifestar con cierta envidia que esta versión, disponible también para el mundo iberoamericano, está un paso más avanzada, ya que existe en formato electrónico, lo que facilita la navegación y búsqueda de términos. Tal logro se alcanzó en el marco de un trabajo final de carrera financiado por el programa Erasmus. En los últimos cinco años dicho programa nos permitió una estrecha colaboración a nivel estudiantil y también una transferencia de conocimientos.

Así llego al último punto de mis palabras, realizando algunas observaciones referentes a la transferencia de los conocimientos adquiridos a nuestro entorno y socios en los proyectos.

La transferencia de conocimientos se realiza a través de cuatro canales. En primer lugar, mediante la investigación básica, efectuada por doctorandos formados por nosotros, quienes posteriormente asumen cargos directivos en la industria llevando consigo los conocimientos adquiridos. En el segundo canal, la investigación conjunta, el conocimiento es transferido a los socios participantes de la industria y de la ciencia por medio de proyectos de cooperación. Tras alcanzar una elevada maduración y haber sido validados en proyectos piloto, los conocimientos tecnológicos son transmitidos a las empresas interesadas. El último componente comprende la formación y el perfeccionamiento, organizado principalmente por el WLZ-forum, y por el entrenamiento y la capacitación profesional en forma de seminarios tanto para especialistas como para directivos de la industria.

Nuestra red de cooperaciones, que durante mucho tiempo tuvo un enfoque nacional, demuestra ahora una orientación no sólo europea sino también mundial. Esto quizás se puede ver más claramente tomando como ejemplo a nuestros socios tanto del entorno universitario como de fuera de él. Éstos abarcan desde universidades geográficamente cercanas, en Lovaina (Bélgica) o Eindhoven (Países Bajos), pasando por vuestra Universidad de Zaragoza, hasta las universidades de Tsinghua (China), Tokio (Japón) o Florianópolis (Brasil), por nombrar sólo algunas.

Un punto esencial en este sector es el grupo IDEA. Por esta sigla se entiende la unión del imperial College de Londres, la Universidad de Delft, *ETH* Zúrich y la de la *RWTH Aachen*. Este grupo pretende alcanzar conjuntamente un elevado nivel de calidad para las carreras de ingeniería y maestrías. Mediante la armonización de los contenidos básicos y de las estructuras de las diferentes carreras se aspira a ofrecer a los estudiantes una elevada movilidad, tanto horizontal como vertical.

También en esta cuestión clave nuestras respectivas universidades han aportado recientemente puntos de vista complementarios en unas jornadas dedicadas a la ingeniería industrial, en el marco del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior.

Quisiera terminar mi discurso con este importante aspecto de la futura armonización europea de carreras a un elevado nivel científico, y al mismo tiempo expresar el deseo de que la cooperación entre nuestras universidades pueda beneficiarse sustancialmente de esta situación.

Excelentísimo Señor Rector Magnífico, estimadas damas y caballeros:  
Quisiera agradeceros nuevamente la elevada distinción que me otorgáis al concederme el grado de doctor honoris causa. Es para mí un estímulo y a la vez una obligación para seguir fomentando y desarrollando la relación entre nuestras universidades.

¡Muchísimas gracias!

Tilo Pfeifer