



Universidad de Navarra
Nafarroako Unibertsitatea

Escuela Superior de Ingenieros
Ingeniarien Goi Mailako Eskola



CÁTEDRA DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS
FUNDACIÓN ANTONIO ARANZABAL-UNIVERSIDAD DE
NAVARRA

MEMORIA DE ACTIVIDADES
DEL CURSO 2005-2006

tecnun

OBITUARIO DE CARLOS PÉREZ



El 31 de julio de 2005 murió en un accidente el doctor en ciencias físicas Carlos Pérez García a la edad de 52 años. Es unánime entre todos los que le conocieron destacar su gran talla investigadora y docente (autor de casi un centenar de artículos en revistas internacionales, varios libros y entre otros méritos ser asesor de la NASA) y su altísima calidad humana, siempre amable y servicial. Desde su incorporación a la Cátedra en enero de 2002, todos los demás miembros tuvimos el honor y la suerte de contar con su consejo, colaboración y ejemplo. Carlos Pérez participó en los proyectos de investigación de la CAA-UN como asesor y consultor. En especial, cabría resaltar su colaboración en el proyecto con el que se ha iniciado una línea de investigación en Flujos Bifásicos y Atomización. Gracias a él se han establecido relaciones de colaboración entre la Cátedra y el Departamento de Física y Matemática Aplicada de la Universidad de Navarra.

Sirvan estas líneas como recuerdo y rogamos a Dios por su eterno descanso.

MEMORIA DEL CURSO 2005-2006

A lo largo del curso 2005-2006 la Cátedra de Ingeniería térmica y de Fluidos Fundación Antonio Aranzábal-Universidad de Navarra (CAA-UN) ha continuado desarrollando sus actividades en los ámbitos de la docencia y la investigación.

A continuación se detallan las incorporaciones de personal y la adquisición de equipos que han tenido lugar durante este último curso. En las páginas siguientes se detallan las actividades referentes a la formación y a la investigación.

INCORPORACIONES

En mayo de 2005 se incorporó como doctoranda a la CAA-UN la ingeniera industrial D^a. Mireia Altimira Ferrer para participar en el proyecto de investigación de los atomizadores de abanico y para realizar su tesis doctoral sobre la modelación matemática y el análisis experimental de sistemas de atomización.

ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO

Durante el curso 2005-2006 la CAA-UN ha incorporado a sus laboratorios nuevos equipos computacionales:

- **Cluster.** Debido a la complejidad de los modelos que se desarrollan en los proyectos de investigación de la CAA-UN y a la gran cantidad de simulaciones que requieren se ha ampliado el cluster adquirido durante el curso pasado con otras 10 computadoras *PC Dell* con procesadores de 3 GHz y 2 Gb de RAM conectados mediante un *switch* de 100 Mbytes. De esta manera el tamaño actual del cluster de cálculo computacional es de 20 computadoras.
- **Software.** De la misma manera, se ha ampliado en 15 el número de licencias del código de Mecánica de Fluidos Computacional (*Computational Fluid Dynamics, CFD*) *Fluent*, para usarlas tanto en las labores de docencia como en los proyectos de investigación. Con esta ampliación el número de licencias que se posee actualmente es de 40.

FORMACIÓN

En el curso 2005-2006 se han desarrollado actividades de formación dirigidas al alumnado de la Escuela de Ingenieros de San Sebastián y al propio personal investigador de la CAA-UN.

FORMACIÓN DEL ALUMNADO

Alumnos de la Escuela de Ingenieros de San Sebastián están desarrollando sus proyectos fin de carrera o colaboran como alumnos internos, trabajando en temas relacionados con las actividades de investigación y docentes que actualmente lleva a cabo la CAA-UN o que se prevé pueden ser de interés a medio o largo plazo.

FORMACIÓN DEL PERSONAL INVESTIGADOR

- El ingeniero Raul Antón está finalizando su tesis doctoral desarrollada en la *Division of Applied Thermodynamics and Cooling Technology* del *Department of Energy Technology* del *Royal Institute of Technology (KTH)* de Estocolmo bajo la dirección del Dr. Bahram Moshfegh de la *Division of Energy and Mechanical Energy* del *Department of Technology and Built Environment* de la *University of Gävle*. Se prevé que la tesis será defendida a finales de este año, fecha a partir de la cual Raúl Antón se incorporará como investigador doctor a la CAA-UN.
- El 8 de junio de 2005 el ingeniero Raúl Antón nos visitó para informarnos sobre el desarrollo de su tesis doctoral e impartió una charla-seminario titulada “*Scheme programation language applied to Fluent*”.
- Del 19 al 21 de septiembre de 2005 el doctor Juan Carlos Ramos visitó las instalaciones de los Departamentos de Ingeniería Térmica y de Fluidos de tres Universidades suecas: El *Royal Institute of Technology (KTH)* de Estocolmo, la *University of Gävle* y la *Linköping University*. Durante la visita el Dr. Ramos realizó una presentación de la labor investigadora de la CAA-UN y estableció relaciones de cara a colaborar en proyectos de investigación.
- El 6 de octubre de 2005 el ingeniero Gorka Sánchez asistió al Forum Fluent España 2005, donde recibió información sobre las últimas actualizaciones del programa y asistió a presentaciones en las que otros usuarios expusieron los proyectos y aplicaciones donde usan el código.
- El 7 de noviembre de 2005 el ingeniero Gorka Sánchez realizó la defensa pública de su trabajo de investigación para la obtención de la Suficiencia Investigadora bajo el título “Modelación y simulación de contadores de agua de chorro único mediante técnicas de Mecánica de Fluidos Computacional”. La calificación obtenida fue Sobresaliente.
- El 3 de marzo de 2006 visitó las instalaciones de la CAA-UN en TECNUN Anthony Massobrio, *senior account manager* de la empresa *Cd-adapco*, para informarnos sobre las últimas novedades de los códigos de *CFD Start-CD* y *Start-CMM+* y para presentarnos su nueva política de precios para universidades españolas.



- El 28 de abril de 2006 visitó las instalaciones de la CAA-UN en TECNUN el doctor Rahmat Khodabandeh de la *Division of Applied Thermodynamics and Cooling Technology* del *Department of Energy Technology* del *Royal Institute of Technology (KTH)* de Estocolmo. El motivo de su visita fue el establecer relaciones con la Cátedra de cara a trabajar conjuntamente en un proyecto de investigación europeo sobre la refrigeración de componentes electrónicos mediante la técnica denominada *spray cooling*. Durante su visita nos ofreció una charla-seminario sobre diferentes técnicas de refrigeración de equipamiento electrónico.

- El 17 de mayo de 2006 visitó las instalaciones de la CAA-UN en TECNUN el doctor Antonio Campo, *associate professor of Heat Transfer and Fluid Mechanics* en *The University of Vermont*, Burlington (USA). El motivo de su visita fue establecer relaciones de intercambio de estudiantes y profesores a nivel general, con TECNUN, y a nivel particular, con la Cátedra de Ingeniería Térmica y de Fluidos Fundación Antonio Aranzábal-Universidad de Navarra.



INVESTIGACIÓN

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Durante el curso 2005-2006 los miembros de la CAA-UN han realizado sus tareas de investigación en el marco de 5 proyectos de investigación que se detallan a continuación.

DESARROLLO DE UN MODELO TÉRMICO SIMPLIFICADO PARA OPTIMIZAR LA REFRIGERACIÓN Y EL DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EMPLEADOS EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

- **Entidad financiadora:** Ormazabal Corporate Technology.
- **Entidades participantes:** CAA-UN y Ormazabal Corporate Technology.
- **Duración del proyecto:** desde marzo de 2005 a febrero de 2007.
- **Estado del proyecto:** En curso.
- **Resumen:** El objetivo principal del proyecto es desarrollar un modelo térmico simplificado para optimizar la refrigeración y el diseño de los transformadores de distribución empleados en centros de transformación. Para lograrlo el proyecto se ha dividido en cuatro fases.

En la primera fase se definieron los tipos de transformadores que iban a ser modelados y se recopiló toda la información necesaria para su modelación térmica. En la segunda fase se desarrolló y validó un modelo térmico de transformador mediante técnicas de Mecánica de Fluidos Computacional (*Computational Fluid Dynamics, CFD*). El modelo ha servido para obtener la circulación del aceite del interior del transformador, su distribución de temperaturas, las temperaturas de la superficie del transformador y los coeficientes de convección del aceite sobre la superficie interior del transformador. El modelo se ha ajustado comparando sus resultados con los obtenidos en ensayos experimentales.

La tercera fase del proyecto, en la que se está trabajando actualmente, consiste en analizar y optimizar la circulación del aceite del transformador y la disipación de calor mediante simulaciones del modelo desarrollado. Se identificarán los parámetros fundamentales del transformador que afectan a las dos características antes señaladas y se analizará su influencia al realizar simulaciones del modelo variando los valores de esos parámetros. Estas simulaciones permitirán seleccionar los valores óptimos de los parámetros.

En la cuarta y última fase se desarrollará el modelo simplificado. Este modelo se basará en los parámetros fundamentales identificados en la fase anterior y permitirá que mediante las simulaciones del modelo los usuarios puedan seleccionar los valores óptimos desde el punto de vista de disminuir la temperatura del aceite y de aumentar la transferencia de calor para cualquier tipo de transformador. El modelo simplificado se caracterizará por no tener en cuenta tantos parámetros y fenómenos como el modelo basado en técnicas de *CFD* y por estar implementado en una herramienta de fácil utilización.

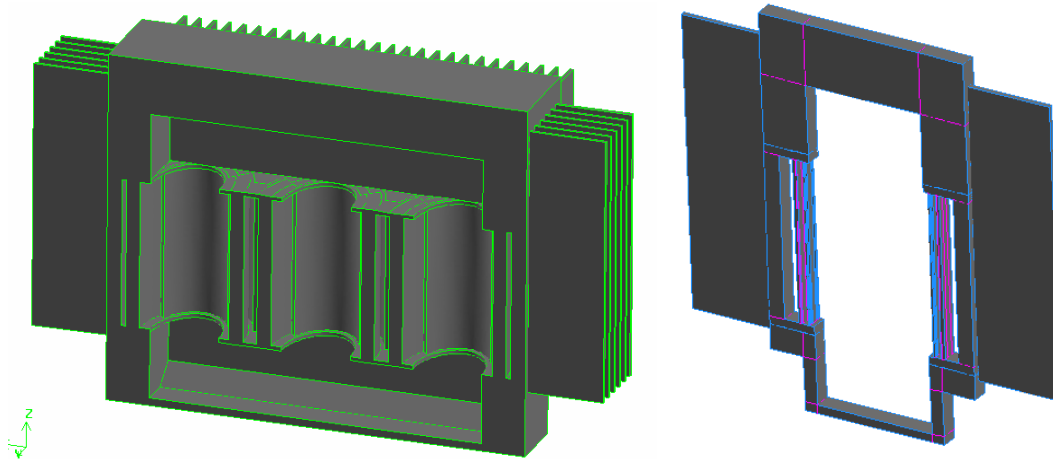


Figura 1. Modelos geométricos de un transformador: modelo completo y modelo rebanada.

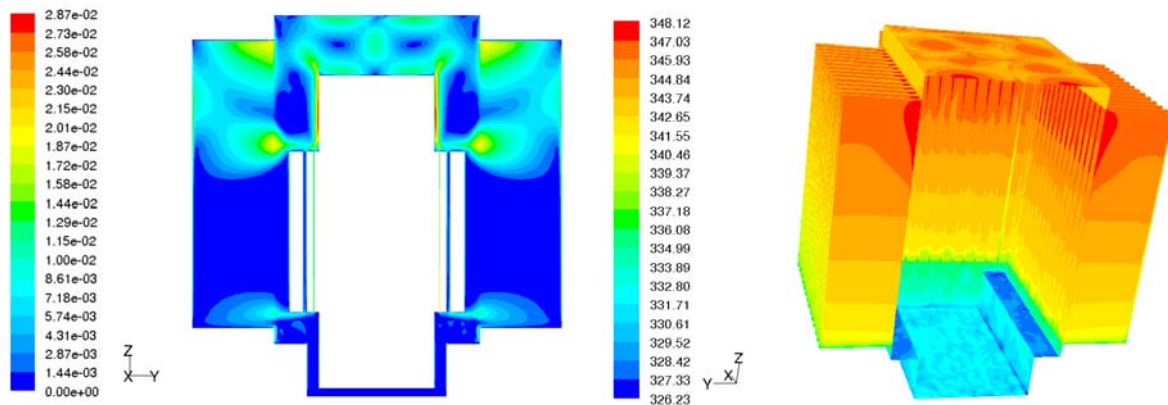


Figura 2. Contornos de velocidades (m/s) en una sección del transformador y temperaturas (K) en las superficies externas del transformador.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE CONTADORES INFERENCIALES DE CAUDAL

- ❑ **Entidad Financiadora:** Elster Iberconta S.A.
- ❑ **Entidades Participantes:** CAA-UN y Elster Iberconta S.A..
- ❑ **Duración del proyecto:** desde septiembre de 2005 a agosto de 2007.
- ❑ **Estado del proyecto:** En curso.
- ❑ **Resumen:** Se trata de un proyecto industrial que tiene como principal objetivo el desarrollo de un nuevo modelo de contador de agua. El primer año del proyecto ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del programa PROFIT.

Se ha realizado la modelación matemática y la simulación de un prediseño propuesto por la empresa utilizando técnicas de Mecánica de Fluidos Computacional. Los resultados obtenidos hasta la fecha han sido validados con los experimentos realizados por la empresa sobre varios prototipos experimentales. En la actualidad se está preparando un artículo titulado "*Computational Modeling of a Single-jet Water*

Meter” que está previsto enviar a la revista *Journal of Fluids Engineering* de la ASME.

Además, se ha construido un banco de ensayos para realizar la filmación del movimiento de la turbina del contador mediante la cámara de alta velocidad de la CAA-UN. Se están realizando filmaciones con diferentes caudales en un prototipo con tapa transparente y en cuya turbina se han realizado varias marcas que se pretenden seguir en la grabación para calcular la velocidad de giro instantánea de la turbina.

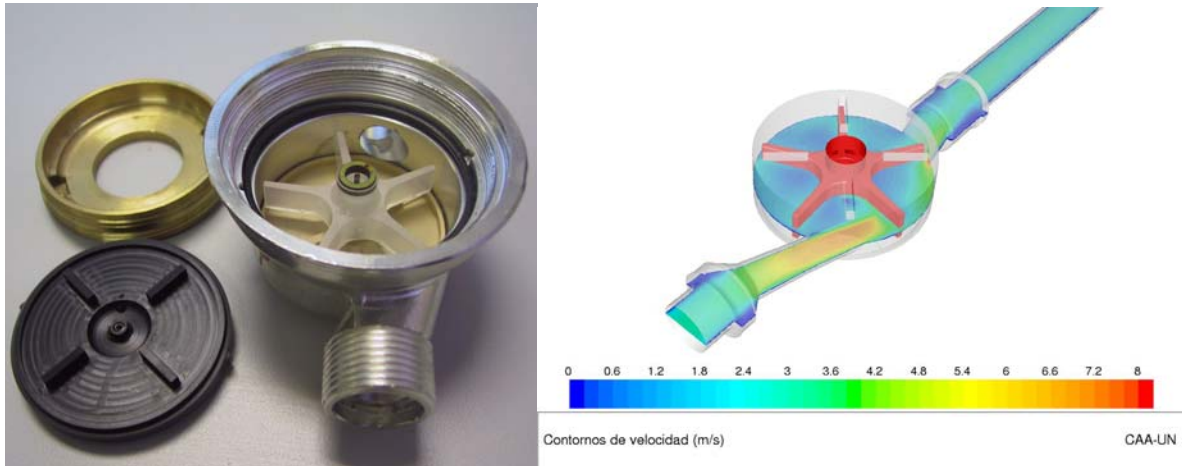


Figura 3. Detalle del prototipo experimental y resultado de una simulación.

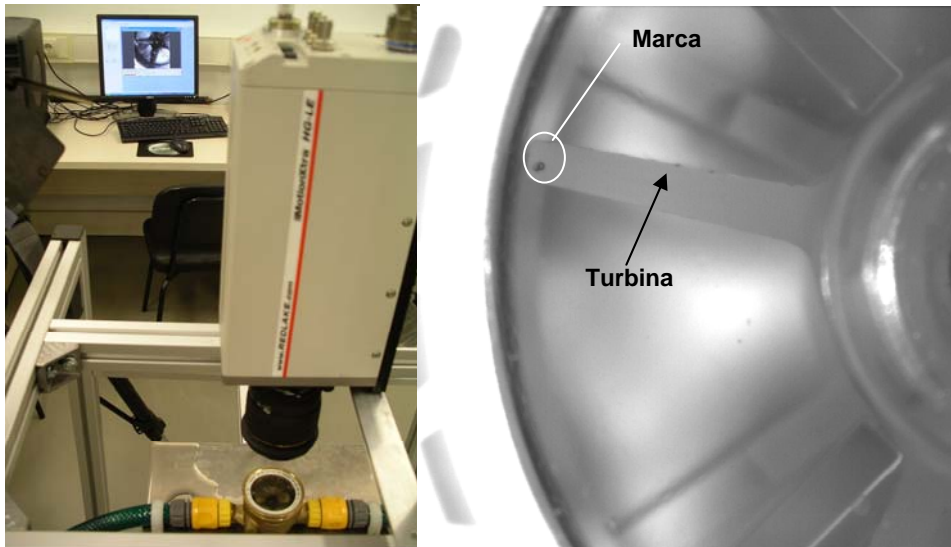


Figura 4. Banco de ensayos para filmación y ejemplo de imagen obtenida.

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO AIRE Y DE LAS TEMPERATURAS EN EL INTERIOR DE ARMARIOS DE TELECOMUNICACIONES

- **Entidad Financiadora:** KTH Royal Institute of Technology.
- **Entidades Participantes:** KTH y CAA-UN (mediante un doctorando que está realizando su tesis doctoral).
- **Estado del proyecto:** En curso.
- **Resumen:** El proyecto lleva por título “*Air flow and heat transfer in Radio Base Stations and Power Supply Cabinets*”. Las *Radio Base Stations* son armarios metálicos con varias estanterías o *subracks* conteniendo una entrada para el aire, un conjunto o *array* de ranuras con circuitos impresos (*Printed Circuit Boards, PCBs*) y unos ventiladores. En el caso de las *Power Supply Cabinets*, su componente principal son los rectificadores, los cuales se apilan verticalmente en el interior del armario.

Una de las primeras tareas que se realizó fue averiguar la caída de presión del aire que circula a través de chapas perforadas situadas a la entrada y salida del *array* de *PCBs*. Para ello se llevó a cabo un estudio paramétrico utilizando técnicas de *CFD*. Los modelos fueron validados experimentalmente en un túnel de viento que simula el paso del aire, en el que se midieron las caídas de presión y se utilizaron anemómetros de hilo caliente para medir el perfil de velocidades en la chapa perforada de la entrada y en el resto de la estantería. También se realizaron visualizaciones mediante humo. Estas mediciones sirvieron para validar el campo de velocidades y presiones proporcionadas por el modelo matemático y utilizar unas condiciones de contorno adecuadas. También se evaluó la influencia de la modelación de la turbulencia y el tratamiento cercano a la pared en los resultados proporcionados por el modelo matemático.

Como paso final se está realizando un estudio paramétrico usando modelación matemática con el objetivo de crear una correlación para la caída de presión dentro de los *subracks* que servirá para modelar de diferente manera la chapa perforada, esta vez como un medio poroso y crear una correlación con los coeficientes direccionales de caída de presión.

Este proyecto se está realizando en colaboración con tres empresas de telecomunicaciones: *Nokia*, *Ericsson* y *Emersom Energy Systems* y los resultados del trabajo se han presentado en tres congresos internacionales y en un artículo publicado en revista indexada.

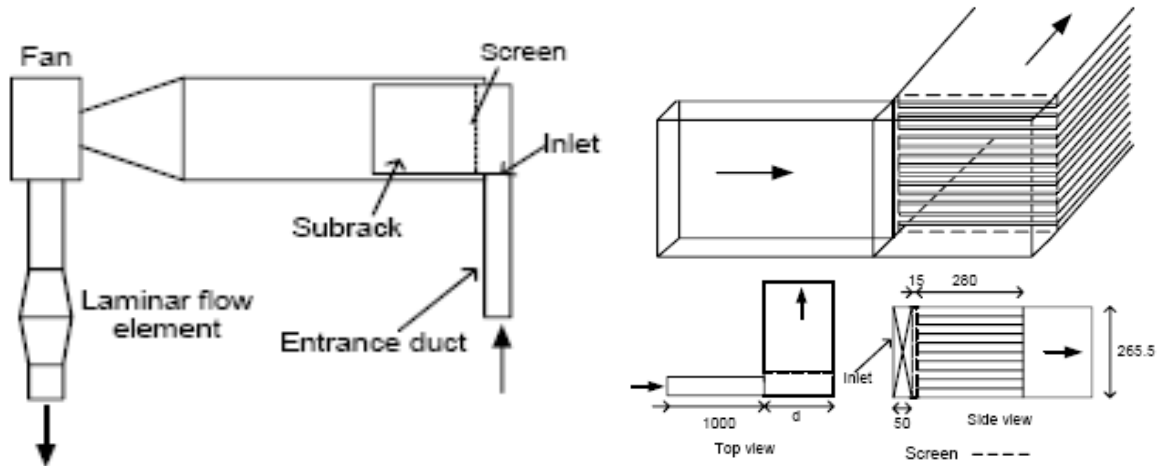


Figura 5. Esquema de la instalación experimental representando una *Radio Base Station*.

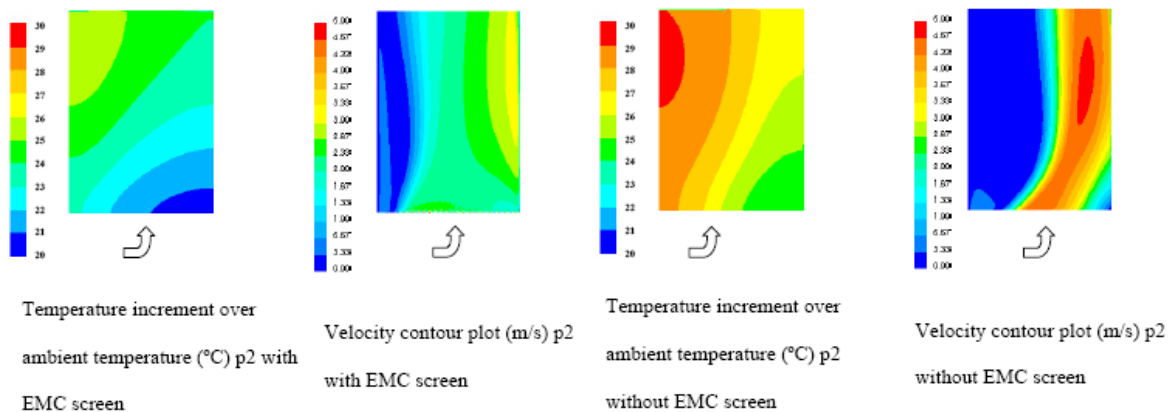


Figura 6. Comparativa de los campos de temperaturas (°C) y de velocidades (m/s) del modelo de *subrack* con chapa perforada (izquierda) y sin ella (derecha).

ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE ATOMIZADORES DE ABANICO.

- ❑ **Entidad Financiadora:** Gobierno Vasco y Goizper Sociedad Cooperativa
- ❑ **Entidades Participantes:** CAA-UN y Olaker Soc. Coop.
- ❑ **Duración del proyecto:** desde mayo de 2004 a abril de 2006.
- ❑ **Estado del proyecto:** Finalizado.
- ❑ **Resumen:** La utilización de aerosoles o sprays en aplicaciones prácticas es elevada. Aplicaciones industriales, agrícolas o médicas en cada una de las cuales las características del spray deben ceñirse a unos requerimientos, principalmente en cuanto al tamaño de las gotas y a la distribución de la pulverización.

Para las empresas fabricantes de boquillas es clave conocer, para unas determinadas condiciones de funcionamiento, la influencia del diseño del atomizador o boquilla en las características del spray que produce. Conocerla permitiría diseñar las boquillas de manera que sean capaces de satisfacer los requerimientos del cliente o de la aplicación en la que van a ser empleadas.

Para conocer la influencia del diseño del atomizador en las características del spray es necesario conocer los mecanismos de rotura y atomización que conducen a la formación del spray y analizar cómo influye el diseño en dichos mecanismos.

La CAA-UN, Olaker S. Coop. y Goizper S. Coop. han formado el grupo de investigación que ha trabajado en este proyecto cuyo objetivo principal ha sido optimizar hidráulicamente el diseño de las boquillas de abanico fabricadas por Goizper S. Coop. de manera que sean capaces de satisfacer unos determinados requerimientos de pulverización (tamaño de gotas, patrón del spray y aspecto de la lámina líquida).

Para conseguir el mencionado objetivo se comenzó seleccionando algunos de los diseños de boquillas de abanico fabricados por Goizper S. Coop. y se analizó el flujo de líquido en su interior, modelándolo matemáticamente y simulándolo mediante técnicas de Mecánica de Fluidos Computacional (CFD). El análisis de los resultados proporcionados por la simulación del modelo matemático del flujo, convenientemente validados, mediante contraste con resultados experimentales, permitió obtener la influencia de los parámetros de diseño en las características del flujo en el interior de las boquillas (patrón de flujo, turbulencia y campo de velocidades).

A continuación se analizaron mediante modelación matemática y simulación y visualización de flujo, filmación de alta velocidad y tratamiento de imágenes, los fenómenos que suceden aguas abajo de la salida del atomizador, principalmente los mecanismos de rotura y atomización de la lámina líquida. De los resultados de este análisis se determinaron cuáles son los principales mecanismos de rotura y atomización y cuál es su influencia en las características del spray.

Posteriormente los resultados de los dos análisis anteriores se relacionaron con el objeto de determinar la influencia entre las características del flujo en el interior de la boquilla y los mecanismos de rotura y atomización, lo que proporcionó la buscada relación entre el diseño de la boquilla y las características del spray.

La metodología y las técnicas empleadas en este proyecto de investigación se van a aplicar en el estudio de otros tipos de boquillas y para otros tipos de aplicaciones.

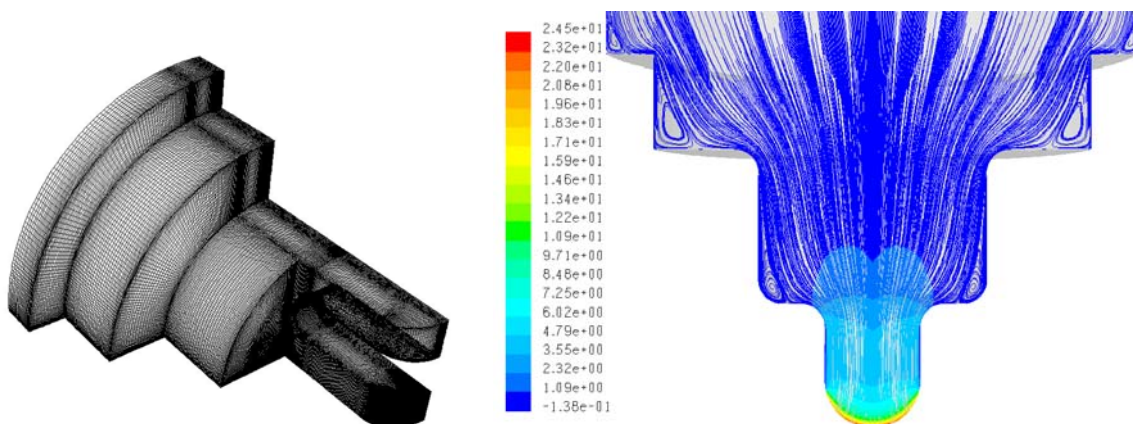


Figura 7. Modelo geométrico y mallado de un atomizador y líneas de corriente resultado de una simulación.

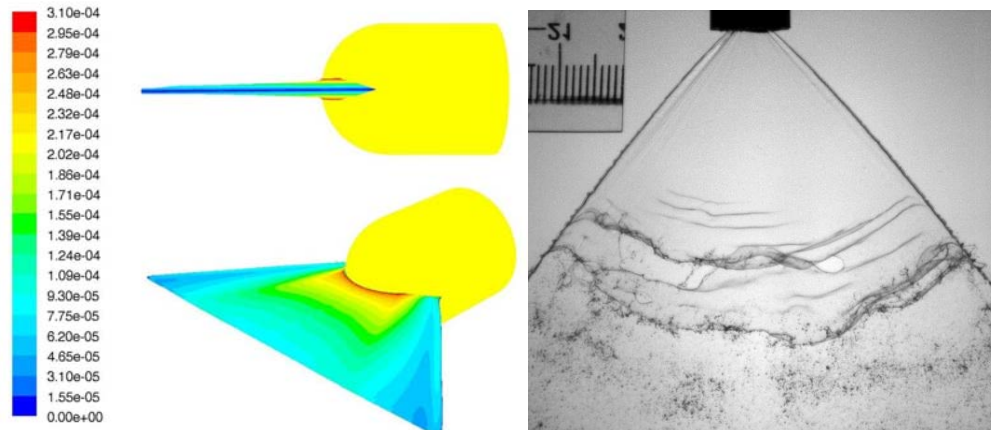


Figura 8. Evolución del espesor de la lámina (en m) resultado de una simulación y fotografía de alta velocidad de una lámina.

FLOW INDUCE NOISE AND VIBRATION MODELING IN THE TRANSPORTATION INDUSTRY (WINDY)

- ❑ **Entidad Financiadora:** Eureka Project E!3020.
- ❑ **Entidades Participantes:** MLS International (Belgium), K.U.Leuven (Belgium), CEIT (Spain), CAA-UN (Spain) y Mcube (France).
- ❑ **Estado del proyecto:** Finalizado.
- ❑ **Resumen:** La contribución del CEIT y la CAA-UN al proyecto ha estado centrada principalmente en la *modelación aeroacústica* del ruido generado en casos complejos de interés industrial, utilizando el acoplamiento entre los códigos comerciales de simulación FLUENT y SYSNOISE. Las aplicaciones seleccionadas han estado centradas en las siguientes áreas:
 - *Funcionamiento de Turbomaquinaria* (Ventiladores y Compresores). En este caso se ha modelado un ventilador centrífugo industrial. Para constatar la validez de la metodología empleada se contrastó el ruido obtenido mediante simulación con medidas experimentales obtenidas en el laboratorio.
 - *Componentes de trenes*. El uso de estas técnicas sirve de ayuda a desarrollar trenes de alta velocidad que son una de las mayores fuentes de ruido ambiental. Se ha modelado y simulado el ruido producido por un pantógrafo de un tren de alta velocidad para conocer los fenómenos que intervienen en la generación de ruido por parte de estos elementos de manera que se puedan sugerir medidas orientadas a su reducción.

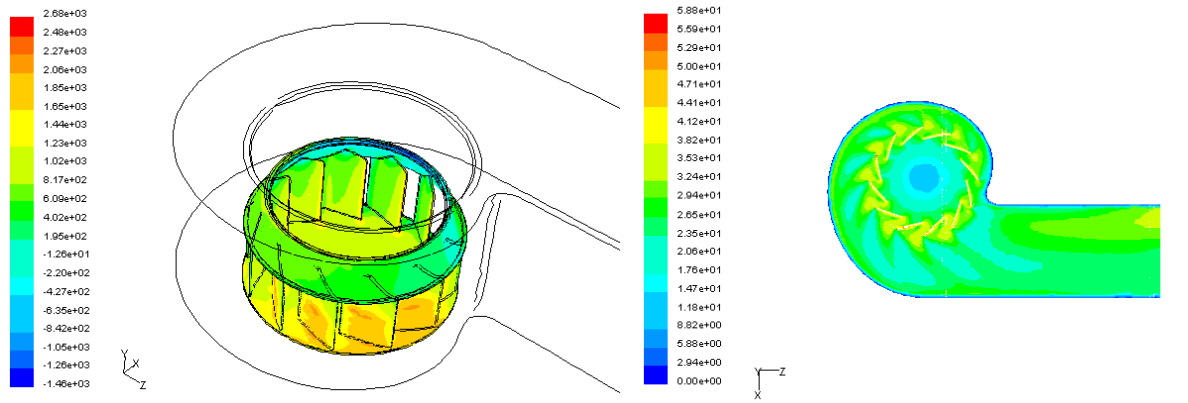


Figura 9. Contornos de presión total (Pa) en el rodete y contornos de velocidad (m/s) en el plano central de un ventilador centrífugo.

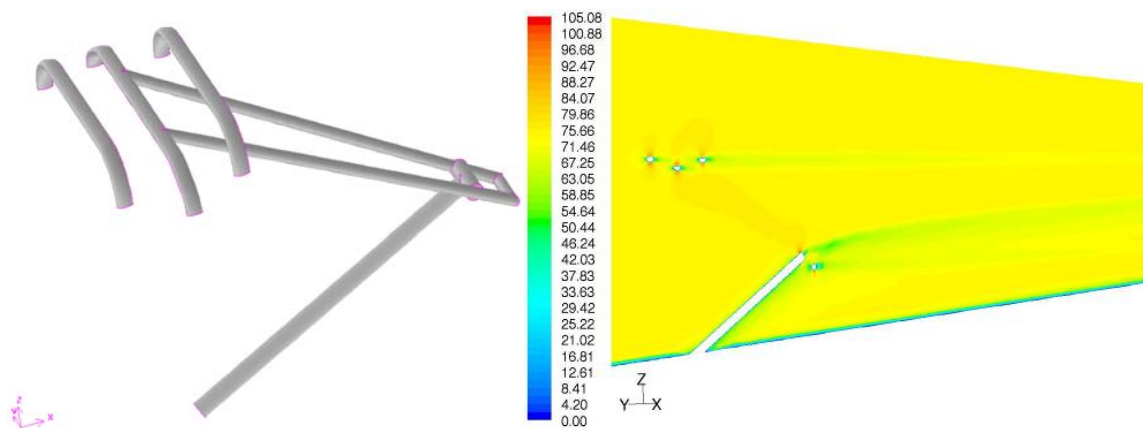


Figura 10. Modelo geométrico de un pantógrafo y campo de velocidades en un plano central en m/s.

DIVULGACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

El resultado de la labor investigadora llevada a cabo por los miembros de la CAA-UN a lo largo del curso 2005-2006 se ha plasmado en 2 artículos aceptados para su publicación en sendas revistas internacionales y en 6 comunicaciones en congresos internacionales. A continuación se presentan los mismos y en la parte final de esta memoria se incluye una copia.

- Artículo aceptado: “*The Application of Spreadsheets to the Analysis and Optimisation of Systems and Processes in the Teaching of Hydraulic and Thermal Engineering*”, **A. Rivas**, T. Gómez-Acebo, **J. C. Ramos**, aceptado para ser publicado en *Computer Applications in Engineering Education*.
- Artículo aceptado: “*Detailed CFD Modelling of EMC Screens for Radio Base Stations, a Benchmark Study*”, **Antón R.**, Jonsson H., Moshfegh B., aceptado para ser publicado en *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*.
- Comunicación en Congreso: “*Numerical prediction of the aerodynamic noise radiated by a centrifugal fan*”, A. Pradera, **A. Rivas**, N. Gil-Negrete, J. Viñolas, C. Schram, *Twelfth International Congress on Sound and Vibration*, Lisboa (Portugal), 11-14 julio 2005.



- Comunicación en Congreso: “*Improving the design of fan spray atomizers through Computational Fluid Dynamics Techniques*”, **Rivas A., Sánchez G., Estévez A., Ramos J. C.**, *20th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems. ILASS’2005*, Orleans (Francia), 5-7 septiembre 2005.
- Comunicación en Congreso: “*Smoke and CFD Visualization of the Flow after an EMC Screen in a Subrack Model*”, **Antón R.**, Jonsson H., Moshfegh B., *11th International Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems. THERMINIC 2005*, Belgirate (Italia), 27-30 septiembre 2005.
- Comunicación en Congreso: “*Mathematical Modelling and Simulation of Natural Convection of Oil inside Distribution Transformers*”, **Gastelurrutia J., Ramos J. C., Rivas A.**, Izagirre, J., Del Río, L., *13th International Conference on Fluid Flow Technologies. CMFF’06*, Budapest (Hungría), 6-9 septiembre 2006.
- Comunicación en Congreso: “*Analysis of Liquid-Gas Flow at Near Fan-Spray Nozzle Outlet*”, **Rivas A., Altimira M., Sánchez G., Ramos J. C.**, *13th International Conference on Fluid Flow Technologies. CMFF’06*, Budapest (Hungría), 6-9 septiembre 2006.
- Comunicación en Congreso: “*Numerical Prediction of the Aerodynamic Noise Radiated by a Pantograph in a High-Speed Train*”, A. Pradera, N. Gil-Negrete, **A. Rivas**, J. Viñolas, C. Schram, *International Conference on Noise and Vibration Engineering. ISMA2006*, Lovaina (Bélgica), 18-20 septiembre 2006.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN 2006-2007

Durante el curso 2006-2007 la CAA-UN tiene previsto continuar su actividad docente e investigadora tal y como ha venido realizando hasta ahora.

INCORPORACIONES

En el momento de redactar esta memoria está prevista la incorporación de Raúl Antón, como investigador doctor, cuando haya defendido su tesis doctoral a finales de año. También está prevista la incorporación de un nuevo doctorando para trabajar en el proyecto de investigación sobre *Spray Cooling*, que se mencionan más abajo, cuando se ponga en marcha.

ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO

Durante el curso 2006-2007 está previsto adquirir un **Sistema Optoelectrónico GSV (Global Sizing Velocimeter) de medida de diámetro y velocidad de partículas** de la compañía TSI con un coste total de aproximadamente **130.000,00 €**. Este sistema se va a emplear para medir el tamaño y la velocidad de las gotas formadas en los procesos de atomización que se van a estudiar en los proyectos de investigación básica y de *Spray Cooling* que se describen más adelante. Para sufragar esta inversión se ha solicitado una subvención del 25% a la Diputación de Guipúzcoa.



Figura 11. Fotografía del sistema GSV aplicado a un spray y fotografía del equipo de luz láser.

FORMACIÓN DEL ALUMNADO

En la parte docente, durante el próximo curso 2006-2007, se seguirá contando con los alumnos de TECNUN para colaborar en las tareas de investigación de la CAA-UN, bien como alumnos internos o realizando su proyecto final de carrera.

FORMACIÓN DEL PERSONAL INVESTIGADOR

Dentro de la formación del personal investigador se seguirán organizando visitas de profesores de universidades nacionales e internacionales de reconocido prestigio para que impartan seminarios sobre los temas de investigación en los que están trabajando y para establecer relaciones de colaboración en proyectos de investigación.



También está previsto que algunos miembros de la CAA-UN reciban un curso de formación sobre técnicas experimentales de medición de velocidades y tamaños de gota en fluidos, con el fin de adquirir los conocimientos previos necesarios para manejar el sistema GSV de medida de diámetro y velocidad de partículas que se va a adquirir.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Durante el curso 2006-2007 se seguirá trabajando en los 3 proyectos de investigación actualmente en curso y se tratarán de iniciar otros 2 nuevos proyectos que actualmente están en su fase de definición y preparación. A continuación se describen brevemente estos dos proyectos:

□ **Estudio Paramétrico de la Refrigeración de Componentes Electrónicos Mediante Pulverización – Spray Cooling**

Este es un proyecto de investigación que se va a llevar a cabo en colaboración con *Division of Applied Thermodynamics and Cooling Technology* del *Department of Energy Technology* del *Royal Institute of Technology (KTH)* de Estocolmo.

Este proyecto se justifica porque la tendencia actual en la fabricación de componentes electrónicos de altas prestaciones es la de disminuir su tamaño y aumentar la cantidad de calor que disipan. Para proporcionar una refrigeración adecuada y evitar que el componente alcance temperaturas que causen un mal funcionamiento la refrigeración convencional mediante aire no es suficiente; es necesario emplear refrigeración mediante líquidos. Una de las técnicas que se están desarrollando actualmente con este fin es la conocida internacionalmente como *spray cooling*, consistente en pulverizar mediante un atomizador gotas de un líquido refrigerante que al depositarse sobre la superficie caliente del componente electrónico se evaporen. Debido a los elevados valores de los coeficientes de transferencia de calor asociados a los cambios de fase, mediante esta técnica es posible eliminar grandes cantidades de calor manteniendo gradientes de temperatura pequeños. Para ello la distribución de las gotas del *spray* sobre la superficie del componente ha de ser lo más uniforme posible, de manera que se forme sobre él una película de líquido muy delgada que se está evaporando y formando continuamente.

El objetivo del proyecto es analizar mediante mediciones experimentales y modelación matemática la influencia que tienen los principales parámetros que caracterizan el funcionamiento y la aplicación de la técnica del *spray cooling*. Para ello se utilizarán técnicas de visualización térmica y de alta velocidad y de medición de velocidades y tamaños de partículas para identificar y analizar la influencia de la variación de las condiciones del proceso en los parámetros que afectan a la formación del *spray*, a la distribución de las gotas y a la disipación de calor. También se desarrollarán modelos matemáticos que simulen los fenómenos que suceden en el *spray cooling* (el flujo en el interior de la boquilla, flujo en el exterior y la atomización, y la ebullición sobre el componente) y se validarán comparándolos con los ensayos para poder emplearlos en configuraciones distintas a las ensayadas.



Figura 12. Fotografía del dispositivo experimental para realizar los ensayos del *Spray Cooling*.

Para la realización de este proyecto se ha pedido una subvención al Gobierno Vasco dentro del programa de apoyo a la investigación Saiotek y se piensa preparar un proyecto europeo, integrado por la CAA-UN, el KTH y otra universidad europea.

□ **Proyecto de Investigación Básica en Modelación Matemática y Análisis Experimental de Sistemas de Atomización**

La atomización de una masa líquida para la formación del spray es un fenómeno que tiene lugar en infinidad de aplicaciones técnicas e industriales entre las que cabe citar la combustión, agricultura, metalurgia o refrigeración. En cada aplicación es necesario producir un spray de unas características determinadas. Es fundamental para satisfacer los requerimientos del sistema conocer los mecanismos físicos que intervienen en la atomización y cómo éstos se ven influenciados por los parámetros de diseño y operación del sistema atomizador.

La Atomización es un proceso muy complejo y en el que se trabaja desde hace tiempo tanto en los campos de la Modelación Matemática como de la Experimentación. La CAA basándose en la experiencia del proyecto bianual UE-2004-14 “*Análisis y Optimización del Comportamiento Hidráulico de Atomizadores de Abanico*” y en la posibilidad de colaborar con otros departamentos del Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Gipuzkoa (CEIT) ha creído conveniente establecer una línea de investigación en Atomización. El objeto del proyecto es analizar la atomización en diferentes sistemas industriales obteniendo la distribución de velocidades y tamaños de las gotas en la atomización primaria (*Primary Breakup*). Para ello se utilizarán modelos matemáticos lineales y no lineales de la perturbación y rotura de una lámina líquida, modelos matemáticos completos del flujo en el interior y cerca de la salida de cada tipo de atomizador y técnicas experimentales de medición de velocidades y tamaños de gotas.



Para la realización de este proyecto se ha pedido una subvención al Gobierno Vasco dentro de la convocatoria para Solicitud de Ayuda a la Realización de Proyectos de Investigación.

DIVULGACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

Los artículos que están ya enviados, pero todavía no aceptados, y los que están actualmente en preparación para ser enviados a revistas internacionales durante el curso 2006-2007 son los siguientes:

- Artículo enviado: “*Model-Based Optimisation of Wastewater Treatment Plants Design*”, **A. Rivas**, I. Irizar, E. Ayesa. Enviado a la revista *Environmental Modelling and Software*.
- Artículo enviado: “*Detailed CFD Modelling of EMC Screens for Radio Base Stations, a Conjugate Heat Transfer Problem*”, **Antón R.**, Jonsson H., Moshfegh B. Enviado a la revista *Internacional Journal of Heat Exchangers*.
- Artículo enviado: “*Detailed CFD Modelling of EMC Screens for Radio Base Stations, a Parametric Study*”, **Antón R.**, Jonsson H., Moshfegh B. Enviado a la revista *IEEE Trans. On Components and Packaging Technologies*.
- Artículo en preparación: “*Computational Modeling of a Single-jet Water Meter*”, **A. Rivas**, **G. Sánchez**. En preparación para ser enviado a la revista *Journal of Fluids Engineering* de la ASME.