

Premios Asociación 2014

XX Premio Javier Benjumea, IV Premio Emprendedor del Año, homenaje a los ingenieros que celebran sus Bodas de Oro y Plata y otorgamiento de distinciones

El día 29 de octubre tuvo lugar la entrega de los Premios de la Asociación en la que se incluyó el habitual homenaje a los que celebran en 2014 sus Bodas de Oro y Plata como ingenieros del ICAI (promociones de 1964 y 1989, respectivamente). También se realizó la entrega del Premio Javier Benjumea que, en su XX edición, ha recaído en D. Jesús Sánchez Bargos, de la promoción de 1986.

La celebración comenzó con una misa en la iglesia de la Universidad Pontificia de Comillas y continuó en el Aula Magna con todos los asistentes. En la Mesa Presidencial, Román Escudero Gallego, presidente de la Asociación de Ingenieros del ICAI, dio la bienvenida a los asis-

tentes, agradeció a todos su presencia y procedió a presentar al resto de componentes de la mesa: D. Julio Martínez Martínez SJ, rector de la Universidad Pontificia de Comillas, Javier Benjumea Llorente, representante de la familia Benjumea, Mariano Ventosa Rodríguez, director de la Escuela Superior Técnica de Ingeniería (ICAI), Paloma Sevilla García y Miguel Alegre Marrades, vicepresidenta primera y vicepresidente segundo, respectivamente, de la Asociación de Ingenieros del ICAI y Juan Zaforas, secretario general de la Asociación.

Tras esta apertura dio comienzo el acto con el homenaje a los compañeros que celebraban sus Bodas de Oro y Plata como ingenieros del ICAI.

Bodas de Oro de la Promoción 1964

Adolfo Castilla, en representación de los miembros de la promoción de 1964, recogió la insignia junto con el diploma conmemorativo y aquí transcribimos su emotivo discurso:

“Rev. P. rector de la Universidad Pontificia de Comillas, presidente de la Asociación y del Colegio de Ingenieros del ICAI, director de la Escuela del ICAI, Javier Benjumea, miembros de la mesa, amigos y amigos, queridos compañeros.

Lo primero, por supuesto, es agradecer este homenaje, merecido sin duda, porque no vamos a quitar la razón a los que nos lo hacen, pero para el que no tenemos muchos otros méritos que los años cumplidos, el haber llegado hasta aquí y el ser supervivientes de una serie de tareas típicas de todos los hombres en esta vida.

Pero me gustaría añadir que esta casa, el ICAI, la Universidad Pontificia Comillas, constituyen mi Alma Máter, como diría un americano. El ICAI ha sido mi referencia continua durante los 57 últimos años de mi vida, desde que llegué aquí con 17 años recién cumplidos. La Asociación del ICAI ha sido mi lugar natural de pertenencia a pesar de las múltiples asociaciones a las que he pertenecido y pertenezco. Creo, de hecho, que tengo un cierto carácter del ICAI, me he sentido a gusto llamándome ingeniero del ICAI, muy satisfecho



de pertenecer a una escuela privada, y además de a la Iglesia, y los ingenieros del ICAI, dondequiera que los haya encontrado, han sido siempre como hermanos. Los de mi promoción, además, son hermanos sin más. Creo que toda la promoción que este año celebramos nuestro cincuentenario nos adscribimos a estos sentimientos y manifestarlo públicamente debe ser mi primera, nuestra primera, declaración.

Yo personalmente tengo otras Almas Máteres, si ello fuera posible. Una de ellas es la Universidad de Pennsylvania en Philadelphia, con la que tengo fuertes lazos. También ellos organizan actos como el nuestro y son, de hecho, mucho más exuberantes. Los llaman 'Class Reunion', duran un par de días y entre otras cosas organizan una 'parade', o marcha, por el campus de la Universidad en la que participan agrupadas todas las promociones presentes en orden de edad. En una de ellas, a la que tuve ocasión de asistir hace unos años, presencié tal marcha y fue realmente emocionante ver el encabezamiento formado por cinco o seis personas de muy avanzada edad que constituían la promoción más antigua de la que todavía quedaban antiguos alumnos. Los estudiantes y los asistentes los recibían con grandes aplausos y les hacían bromas, muy cariñosas desde luego. Ellos respondían diciendo: 'we made it', lo hicimos, lo hemos conseguido, hemos llegado hasta aquí, a ver si vosotros lo conseguís también.

Aunque cincuenta años no es nada, como dice el tango de unos cuantos años menos, y los de nuestra promoción pretendemos seguir dando guerra todavía, tenemos un poco la sensación de que 'We made it'. Lo hemos hecho, hemos llegado hasta aquí, lo hemos conseguido. Nuestro primer recuerdo en relación con ello es para los que se han quedado en el camino, para Miguel, Ramón, Emilio, Tomás, Eusebio, Quico, Alfonso, Chuchi y Mariano. Terminamos 42 y hasta aquí hemos llegado 33.

También queremos recordar a los profesores que estuvieron con nosotros, la mayoría desaparecidos por ley de vida, pero alguno felizmente entre nosotros. Tendría que mencionar en primer lugar al Padre Sánchez Blanco que nos acom-



Adolfo Castilla.

pañó desde el principio hasta el final de nuestros estudios, al padre Mataix, a los hermanos Guinea, a Rodríguez Vigo, a Alberto y Marcelino García Crespo, a Leonardo Bas y a muchos otros.

La lista es incompleta y no tenemos tiempo de hablar de todos, por eso voy a hacer referencia sólo a uno al que tratamos poco en mi promoción pero cuya imagen y vida significaron mucho para mí. Me refiero a Jesús Lasala Millaruelo, alto directivo durante muchos años de RENFE y premio Javier Benjumea de 1997, que murió muy mayor y del que tuve referencias directas a través de su hijo José María Lasala, alto dirigente de RENFE también. Tuve mucha relación en una época con José María y nos hicimos muy amigos. En ocasiones hablábamos de su padre y me decía que era un hombre de una integridad y una coherencia extremas. Me decía que alguna vez él mismo le había dicho, 'pero, papá, tú no puedes en alguna ocasión ser algo más flexible, más indulgente en tus pensamientos, tus palabras y tus acciones, ¿es que siempre tienen que estar tan de acuerdo con tu conciencia?'.
Yo no creo haber llegado a ese nivel de rectitud y de coherencia personal, a ese nivel de integridad, pero creedme que participo de ella y que creo haber encontrado casi siempre en los ingenieros del ICAI esa misma característica. Tenemos conciencia y la tenemos en cuenta en nuestras vidas de forma continua. Seguro que es producto, en parte, de la base religiosa de nuestra formación, sin duda, de los jesuitas, mi orden religiosa

favorita, y, por supuesto, de nuestra fe, algo en lo que no quiero entrar porque pertenece al mundo íntimo de cada uno, pero si quiero recordar la frase del escritor inglés católico Chesterton, quien dijo que 'cuando se deja de creer en Dios se termina creyendo en cualquier cosa'.

Esa coherencia personal, que todos sabemos que no es excesivamente buena para llegar lejos y triunfar en un mundo tan competitivo y tan complicado como el nuestro, la han tenido grandes personajes de la historia. Abraham Lincoln, por ejemplo, no recuerdo ahora si en la toma de posesión como presidente de los Estados Unidos, al iniciarse la guerra de secesión o quizá en el discurso de Gettysburg, dijo: 'Espero seguir teniendo un amigo dentro mí mismo cuando todo esto acabe'.

Quizá en esa rectitud, en esa integridad, en esa coherencia radique el famoso 'espíritu del ICAI'.

Pero me gustaría decir algo sobre la ingeniería y desde luego referirme al futuro de la misma. La promoción ha estado presente en casi todos los sectores industriales. Ha habido presidentes de empresa y carreras más y menos brillantes, pero todas honestas y serias. Todos hemos hecho aquello para lo que fuimos formados, ingenieros para la industria, hemos contribuido a la creación de riqueza y hemos completado nuestro ciclo. Ha sido una buena profesión. Un amigo suizo que no era ingeniero me decía que su madre tenía una actitud reverencial ante los ingenieros, los respetaba y los admiraba profundamente,

porque creía que de ellos dependía la prosperidad de nuestro mundo. No le faltaba razón. Nuestra sociedad aprendió a vivir del intercambio de productos industriales a mediados del siglo XVIII, el siglo de las luces, y las primeras escuelas de ingeniería propiamente dichas surgieron en Alemania y Francia hacia 1747 y 1750. Desde entonces, han contribuido a una mejora de la vida de los hombres en nuestro mundo. Hemos aprendido en ellas la importancia de la tecnología, de la producción, de la creación de valor, la importancia del trabajo y la importancia del empleo. No hay nada más digno en nuestras sociedades que contribuir a que todos tengan empleo y se ganen la vida. Conseguir que todas las personas en edad de trabajar cobren un sueldo al final de mes y puedan mantener dignamente a una familia es de lo más humano que podemos hacer en nuestro mundo.

Y mi énfasis final lo pondré en el futuro, en lo que nos queda por vivir, que será largo si es pleno, ya que la vida es siempre corta pero puede ser muy ancha. El hombre es una flecha en el tiempo y el espacio, y queremos seguir viendo hacia dónde va. Sentimos tanta curiosidad por todo como cuando éramos jóvenes y nos preocupa perdernos lo que queda por venir. Me acuerdo a este respecto de que a Pedro Laín Entralgo le oí una de sus últimas conferencias cuando ya tenía casi 90 años –murió con 93 en 2001– en la que dijo ‘que sentía morir porque le hubiera gustado ver el desarrollo de la Sociedad de la Información y muchas otras cosas de las que se estaban introduciendo entonces en la sociedad’.

Un informe reciente de la Academia Americana de Ingeniería dice: ‘El futuro comienza siempre con el ingeniero’. Yo personalmente he dedicado mucho tiempo a la Prospectiva y entiendo muy bien la importancia de pensar y conjeturar sobre lo que todavía no ha ocurrido. Por deformación profesional me interesa mucho más el futuro que el pasado, y por eso me adscribo totalmente a lo que dijo Unamuno: ‘Prefiero ser padre de mi futuro más que hijo de mi pasado’.

Los ingenieros seguiremos teniendo en el futuro el papel que la señora mayor mencionada anteriormente nos asignaba, y mucha otra gente nos asigna hoy.

Todos deben seguir teniendo una buena opinión de los ingenieros, ya que seguiremos siendo responsables de ‘hacer bien cosas útiles’, es decir, puentes, pantanos, plantas eléctricas, redes eléctricas y redes de telecomunicación, fábricas e instalaciones de todo tipo, de las que todos vivamos. Y lo haremos cuidando de la sostenibilidad, prestando atención a la ética y ocupándonos de la responsabilidad social corporativa.

Nos ocuparemos además de la ingeniería que se necesite en las nuevas revoluciones en marcha, tales como las relacionadas con la nanotecnología, la biotecnología, la infotecnología y la cognotecnología.

Colaboraremos en la mejora del hombre, de su fisiología y de su cerebro, en la aparición de la Inteligencia Artificial Fuerte y quizá, quién sabe, en la colonización masiva del espacio.

A nosotros, la promoción del ICAI de 1964, también nos gustaría ver muchas de las cosas que quedan por llegar, muchas de las cosas que se anuncian, muchas de las cosas que el hombre llevará a cabo, ya que creemos profundamente en su capacidad. Como canto a esa capacidad del hombre para crear su mundo me gustaría utilizar una nueva cita. Se debe a Marcus Garvey, un jamaicano controvertido muerto en 1940, el año en el que nacimos algunos de los de nuestro curso, que sin embargo fue un buen escritor y periodista: ‘Dios y la naturaleza nos han hecho lo que somos, a partir de aquí nuestro espíritu creativo debe llevarnos a lo que deseamos ser. Dejemos

que Dios y el cielo sean nuestros límites y la Eternidad nuestra medida’.

Quizá tal cita resulte un poco cursi pero debo decir, puede ser que en esa misma línea, que mis sentimientos más profundos en relación con lo vivido hasta ahora, y con seguridad los de toda la promoción, son de amor. Amor y aprecio a la Escuela, a los profesores, a los jesuitas, a las empresas en las que hemos trabajado, a los compañeros y, por supuesto, amor a nuestras familias. A todos, de verdad, los llevo en el corazón, y por eso, mi último y verdadero final quiero hacerlo con una nueva cita, esta vez de un verso de Pedro Casaldáliga, que además de un santo es un poeta de primera magnitud. Lo he oído muchas veces, y lo habréis escuchado todos al final de algunas homilias, yo por cierto se lo he oído a varios jesuitas, pero no me resisto a usarlo yo mismo.

‘Al final del camino me dirán:

¿Has vivido? ¿Has amado?

Y yo, sin decir nada,

Abriré el corazón lleno de nombres’.”

Bodas de Plata de la Promoción 1989

En nombre de los homenajeados en sus Bodas de Plata, José Casas fue el encargado de recoger el diploma y la insignia para su promoción y de dirigirse a todos los asistentes. A continuación recogemos su intervención:

“... Es para mí un honor estar hoy aquí en representación de mis compañeros de la promoción de 1989 de ingenieros del ICAI, en este encuentro de



José Casas.

celebración de nuestro vigésimo quinto aniversario, y tener la oportunidad de dirigirnos unas palabras con motivo de esta celebración.

Han pasado veinticinco años desde que terminamos la carrera y, durante este tiempo, el mundo que conocíamos entonces ha cambiado mucho. Hemos sido testigos de importantes cambios políticos, económicos o tecnológicos: hemos visto caer el muro de Berlín o la desintegración de la Unión Soviética, hemos ‘sufrido’ dos crisis económicas (de hecho, en España, todavía estamos inmersos en la segunda), hemos tenido periodos de un crecimiento espectacular y nos hemos tenido que ir acostumbrando a las nuevas tecnologías que se han ido desarrollando y las cuales no podíamos imaginar en aquella época: Internet, desarrollo de los ordenadores, teléfonos móviles, las redes sociales y un largo etcétera. Estamos en un mundo diferente, mucho más dinámico, global y más avanzado.

También en estos veinticinco años nosotros mismos hemos cambiado: después de terminar nuestra etapa en el ICAI, muy importante, de formación, comenzamos otra etapa de nuestra vida, en la que cambiamos el entorno del mundo intelectual y académico, donde se respiraba un ambiente agradable con conocimientos compartidos y metas comunes, por el mundo del trabajo, en el que descubrimos que los problemas, aunque parecidos a los que discutíamos o resolvíamos en el entorno académico, se presentan con ‘ruidos’ y con dificultades imprevistas tanto humanas como técnicas, en donde es necesario, además de encontrar la mejor ‘solución técnica’ entre las posibles, sopesar cuidadosamente los aspectos colaterales que conlleva la solución. Así, hemos tenido que madurar como profesionales, adaptándonos a las circunstancias en las que nos teníamos que desenvolver.

Durante nuestra etapa de formación en el ICAI, fueron muchos los conocimientos que adquirimos. También desarrollamos otras habilidades, muy valiosas, como son el análisis de las decisiones, de la estrategia competitiva, aprendimos a pensar y a decidir en situaciones complejas. Son muchos los cambios que hemos tenido que afrontar

desde entonces, tanto de nuestro entorno como en nosotros mismos. Sin embargo, para la superación de todos estos retos hemos podido contar con unas herramientas probablemente más importantes que las que he mencionado. Estas herramientas eran y siguen siendo los valores morales que se nos inculcaron durante la formación en esta Escuela, valores que resulta difícil, cada día más, encontrar en la vida real y en el día a día de las empresas, en esta sociedad extraordinariamente enfocada a los resultados, en este mundo de competencia y desequilibrios económicos y sociales.

A pesar de todos los cambios que ha experimentado el mundo en el que vivimos, estos valores que en su día recibimos como formación en la Escuela permanecen intactos, e incluso diría que tienen aún más contenido si cabe.

- De los valores que aprendimos en la Escuela, yo destacaría principalmente el del esfuerzo en el trabajo y el del sacrificio, valores que en la sociedad actual se van diluyendo poco a poco, donde todo vale y todo sirve y el concepto de trabajar para obtener los frutos se va perdiendo. Y, sin embargo, es el esfuerzo diario y el trabajo bien hecho el que al final nos hace que podamos sentirnos orgullosos de nosotros mismos.

- De igual modo, destacaría los valores de la responsabilidad, el compromiso, el trabajo en equipo y la lealtad a las personas y a las instituciones, que hacen que sintamos que tenemos que hacer aquello a lo que nos hemos comprometido, porque consideramos que es nuestro deber; estos valores son imprescindibles en un mundo tan competitivo donde todo es susceptible de convertirse en tu enemigo y donde casi parece imposible establecer vínculos entre las personas.

Todos estos valores los hemos aplicado en nuestra vida profesional pero, de igual modo, son valores para nuestra vida personal, ya que la formación que recibimos en el ICAI era una formación integral, dedicada a formar profesionales a la vez que personas y, por tanto, nos han ayudado en la relación con nuestras familias, amigos y colegas.

Aunque estoy convencido de que muchos de vosotros podríais contar una experiencia parecida, o incluso mejor, quiero contaros una anécdota que me

sucedió a mí, que ilustra este sentimiento de formar parte de un colectivo que nos une, valor que se nos ha transmitido en el ICAI: cuando acabé la carrera me fui al servicio militar; mientras que María, mi compañera del ICAI, novia entonces y ahora mi mujer, se fue a trabajar a Oviedo, a SAC, la empresa de nuestro compañero Rafael Chao. Yo, posteriormente, me incorporé a la oficina de Arthur Andersen de Sevilla. Sevilla era una ciudad nueva para mí. Y se me ocurrió entonces ir a ver al entrañable Pepe Maza, delegado de la Asociación en Sevilla, para ver si podía ayudarme a que María encontrara trabajo en Sevilla. Pepe me recibió, como conocéis que era él, muy amablemente en su despacho de Abengoa, le conté lo que quería y me sugirió que fuera a ver a José Antonio Moreno, director general de Sainco por aquel entonces y compañero nuestro del ICAI. Pepe me dijo que hablaría con José Antonio antes de mi visita y acordamos que yo visitaría a José Antonio al día siguiente.

Así que fui a la oficina de José Antonio Moreno, me presenté, me recibió también muy cordialmente y comenzamos a hablar y comentar sobre cómo estaba el ICAI, sus profesores, etc. Enseguida me preguntó de manera muy directa ‘¿supongo que vienes buscando trabajo? Bueno, no te preocupes que eso lo arreglamos’ me dijo. Yo di por supuesto que Pepe Maza había hablado con él. José Antonio dio instrucciones a su secretaria de que avisara a los dos directores de división de Sainco y que les esperáramos tomando un café en un bar cercano.

Cuando estábamos tomando el café, José Antonio Moreno, y a pesar de que me acababa de conocer, les comentó a sus directores que yo era ingeniero del ICAI, que tenía un expediente magnífico, que tenía las mejores referencias mías y que tenían que contratarme. Fue en ese momento cuando, sin saber cómo reaccionar, dándome cuenta de que el bueno de Pepe Maza no le había advertido de mi visita, y de manera un poco impulsiva, les dije que el trabajo no lo estaba buscando para mí, sino para mi novia. En ese momento se hizo un silencio, y me di cuenta de que los tres me estaban mirando fijamente y desconcertados.

A lo que yo añadí: 'Bueno, mi novia es también ingeniera del ICAI y está trabajando en SAC, en Oviedo' a lo que José Antonio añadió 'y tiene un expediente magnífico y las mejores referencias'. La cosa no pudo terminar mejor pues, a la semana siguiente, María ya estaba en Sevilla, contratada por Sainco. Y fue el principio de 14 maravillosos años en Sevilla, tanto en lo profesional como en lo personal.

Con esta anécdota, lo que he querido ilustrar es el valor que nos ha aportado a muchos de nosotros, si no a todos, la pertenencia a este colectivo de ingenieros del ICAI.

Cuando nos ocurrió esta anécdota, María y yo teníamos 24 años y José Antonio nos parecía una persona mayor. Bueno, más o menos, debía de tener la edad que tenemos ahora nosotros. Y ahora que han pasado veinticinco años, y que muchos estamos en la situación de poder ofrecer ayuda a los nuevos ingenieros del ICAI, creo que tenemos la obligación de recoger el testigo de los que en su día nos hicieron sentir que formábamos parte de una gran familia, y poder así seguir aportando a la sociedad los valores que en su día nos transmitieron con la educación que recibimos.

Finalmente, no quisiera terminar sin transmitir, en nombre de toda la promoción del 89, nuestra más cordial enhorabuena a nuestros compañeros que hoy celebran las Bodas de Oro de su promoción. ¡Muchas felicidades!

Muchas gracias por vuestra atención y felicidades a la promoción del 89. Espero veros a todos en 2039 celebrando nuestras Bodas de Oro."

Entrega de Distinciones de la Asociación

A continuación, se procedió a la entrega de las distinciones a Luis Herrera Carrero y Francisco Luis Pagola y de las Heras, por su apoyo permanente a nuestras instituciones.

Luis Herrera Carrero, de la promoción de 1957, siempre ha tenido una total entrega y disponibilidad para las actividades que se le han solicitado, y de las que cabe destacar su participación en la preparación del VI Congreso de Ingenieros del ICAI, donde formó parte de la Comisión



Luis Herrera Carrero.

Técnica del Congreso y se hizo cargo de la Coordinación de Ponencias y Mesas Redondas. Como resultado de este Congreso, y en gran medida apoyado por el trabajo desarrollado en el mismo, coordinó el nacimiento de la actividad "Ingenieros del ICAI para el desarrollo" que fue la base para, años más tarde, la creación de la Fundación Ingenieros del ICAI para el Desarrollo.

Francisco Luis Pagola y de las Heras, de la promoción de 1970, ha sido director de nuestra Escuela desde 1995 hasta 2001, además de profesor durante muchos años. Fue en su etapa como director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del ICAI cuando formó parte de la Junta Directiva y de Gobierno de la Asociación y el Colegio Nacional de

Ingenieros del ICAI como representante de la Escuela, manteniendo en todo momento una estrecha relación de colaboración entre el mundo académico y el profesional, permitiendo estrechar lazos y caminar conjuntamente aprovechando sinergias y sumando fuerzas.

IV Premio Emprendedor del año

Después de los homenajes, Román Escudero Gallego procedió a presentar el IV Premio "Emprendedor del Año", fruto del apoyo de la Asociación a los emprendedores. Este año el ganador del premio es nuestro compañero de la promoción de 1978 **Pablo Fernández Castro**. Pablo nació en Caspeito, provincia de Lugo, en 1956, es ingeniero industrial del



Francisco Luis Pagola y de las Heras.

ICAI de la promoción de 1978 y completó su formación realizando los cursos de doctorado en la ETSEI de Vigo. Es un emprendedor consolidado, con una trayectoria de más de 30 años, lo que le convierte en un auténtico empresario y un ejemplo a imitar.

En 1981, fundó una empresa de ingeniería, origen del actual **Grupo Norvento**, persiguiendo su sueño de crear una empresa de generación eléctrica, y comenzó a trabajar como promotor de energías renovables entrando en el sector de la energía hidráulica. Al principio de los años 90, fundó la compañía Norvento para desarrollar parques eólicos en Galicia que se convirtió, más tarde, en una empresa global y comenzó a desarrollar proyectos de energía solar y biomasa. Fruto de su compromiso con los proyectos de I+D+i, la empresa se ha situado en la vanguardia del sector de las energías renovables. En el año 2013, Norvento ha logrado una producción de 414.276 MWh, evitando la emisión de 248.56 t de CO₂ a la atmósfera.

A continuación, recogemos las palabras de Pablo al recibir este premio:

“... En primer lugar, quiero agradecer a mis compañeros de la Asociación de Ingenieros del ICAI su aprecio al concederme, en esta cuarta edición, el Premio Emprendedor, que entiendo como el reconocimiento a mi labor empresarial al frente de Norvento. Estoy seguro de que me servirá como estímulo para seguir avanzando en la consolidación de Norvento y, al mismo tiempo, contribuirá a sumar iniciativas empresariales en esta época tan necesitada de ello. Muchas gracias.

Yo creo que mi humilde éxito se sustenta en tres pilares fundamentales: mi familia, el ICAI y mis colaboradores.

Mi padre, que aún sigue en activo, fue un pequeño empresario de la industria del mueble y del que aprendí casi todo sobre lo que es una empresa. Además me inculcó una serie de valores como el esfuerzo, la honestidad y el trabajo bien hecho. Ya en los primeros años de mi adolescencia me gustaba acompañarle y observarle en algunos ámbitos de su empresa, como eran el diseño,



Pablo Fernández Castro.

la fabricación, la comercialización y la gestión. Cuando a los diecisiete años entré en el ICAI, me eran muy familiares por ejemplo: una máquina herramienta, un arranque estrella triángulo, una red interior de baja tensión, las propiedades mecánicas de la madera, la optimización de un proceso de fabricación, el diseño de nuevos productos y, también, todos aquellos aspectos más ligados a la gestión, como las ventas o la financiación.

Estudí ingeniería por pura vocación. Sólo tenía una duda en la elección: aeronáutico o industrial. Pero por consejo de un amigo que era alumno de aeronáuticos y que conocía muy bien el prestigio del ICAI, no lo dudé.

Mi llegada al ICAI, en unos años de enormes transformaciones políticas, supuso una nueva etapa: la formación universitaria. Toda la experiencia práctica que había adquirido al lado de mi padre se amplificó con la formación del ICAI.

De la formación que se recibe en el ICAI recupero algo con lo que me siento totalmente identificado y que ya se ha dicho aquí por el Padre José Ramón Busto, anterior rector de esta universidad: ‘una enseñanza de calidad orientada al ejercicio práctico de la ingeniería y una formación integral, heredera de la mejor tradición formativa de la Compañía de Jesús, y una conciencia social que ha llevado a los ingenieros del ICAI a comprometerse ante todo con su trabajo...’ Todos esos valores que me transmitieron en el ICAI los tuve siempre presentes en toda mi vida profesional.

Finalmente, un tercer aspecto que ha contribuido al éxito son mis colaboradores, algunos de ellos formados también en esta universidad, tanto en el ICAI como en ICADE. Y quiero destacar muy especialmente a mi hermana Marta, ICADE E-2, y vicepresidenta de Norvento.

La promoción del 78, a la que pertenezco, estuvo fuertemente marcada por las crisis del petróleo. Comencé mi vida universitaria con la primera crisis, la del 73, y la finalicé casi con la segunda crisis, la del 79. Por eso viví muy de cerca las consecuencias de la dependencia energética y la falta de seguridad del suministro, lo que marcó mi visión del mundo energético, una visión en verde. Desde entonces he trabajado convencido de que esta visión podía ser una realidad.

Desde aquel año 1978, y gracias en parte al trabajo de una generación convencida de la necesidad de cambio, las energías renovables han conseguido metas casi inimaginables en aquel momento. Había enormes retos tecnológicos y la única energía renovable era en aquel momento la energía hidroeléctrica. Aún tardarían unos años en desarrollarse los primeros aerogeneradores modernos, con potencias en torno a los 50 kW.

Hoy, muchos de esos retos tecnológicos han sido ampliamente superados y gracias a ello hemos conseguido, entre otros éxitos, que la energía eólica sea ya una tecnología totalmente competitiva:

• Hoy todos sabemos que cuando sopla el viento, la energía eléctrica baja su precio.

• También que la energía eólica es ya más barata que el gas o la nuclear, tal y como refleja con total objetividad el último informe de la Comisión Europea del pasado 10 de octubre.

Y esto es así porque el sector eólico ha hecho un trabajo ejemplar al avanzar con éxito en la curva de aprendizaje de la tecnología y reducir sus costes en más de un 50% en los últimos años.

Es cierto que nuestro país está inmerso en una profunda crisis de la que no será fácil salir. Es cierto que el sector eléctrico aún no se ha sobrepuesto a la conmoción generada por la nueva 'ley del sector eléctrico', que podríamos denominar, si me lo permiten, "**ley del recorte eólico**". Y que no es menos cierto que el sector renovable en España vive su peor momento de toda su historia.

Pero esta situación tiene que ser coyuntural. No debemos permitir que las adversidades del presente nos impidan valorar los enormes éxitos del pasado, ni nos impidan seguir trabajando en los retos del futuro. Porque no me cabe ninguna duda de que el futuro será más renovable.

Es necesario en este difícil entorno mantener la apuesta por las renovables, desarrollar soluciones que incrementen su penetración en el sector eléctrico, que permitan su aplicación en el transporte, así como su perfecta integración en las futuras redes inteligentes. Soluciones que permitan, en definitiva, conseguir

un futuro energético sostenible en el más amplio sentido de la palabra.

Por mi parte, seguiré aportando mi pequeño grano de arena en esta apasionante tarea, con más ilusión y ganas, si cabe, tras recibir este reconocimiento por parte de mis compañeros y amigos del ICAI.

Y, por último, quiero dedicar este premio a mi familia y al equipo de Norvento por su entrega y dedicación."

XIX Premio Javier Benjumea

Se dio paso a continuación a las intervenciones correspondientes a la entrega del XX Premio Javier Benjumea que, tras ser fallado el pasado mes de septiembre, recayó en esta edición en **Jesús Sánchez Bargas**, de la promoción de 1986.

La carrera profesional de Jesús se inicia en EPTISA, en 1987, como ingeniero de diseño participando en la realización de los proyectos de las centrales de Almaraz y Saucelles. Desde 1989, y durante tres años, se dedica al diseño e instalación de Líneas Aéreas de Contacto en la División Ferroviaria de ABENGOA, ingresando en 1990 en la empresa SEL Señalización como jefe de proyecto de las instalaciones de señalización del tramo Córdoba-Málaga de la línea de alta velocidad (LAV) Madrid-Sevilla. Al finalizar la construcción de la LAV Madrid-Sevilla, se dedica a la actividad comercial llegando a ser director de Mercado Nacional de la división de Automatización del

Transporte de Alcatel España. Posteriormente, de 2002 hasta 2005, asume también la responsabilidad comercial del Mercado Internacional. A finales de 2005 es nombrado director general de la División de Automatización del Transporte de Alcatel España y, en 2007, cuando las actividades de señalización ferroviaria se integran al portfolio de Thales, Jesús es nombrado consejero delegado de Thales Rail Signalling Solutions hasta 2009, que es nombrado director general de la División de Soluciones y Servicios de Seguridad de Thales España y consejero delegado de Thales Transport, Signalling and Security Solutions.

Desde 2013 asume la presidencia de todas las actividades de Thales en España, compañía líder mundial en tecnología que opera en los mercados de Defensa, Aeronáutica, Espacio, Seguridad y Transporte.

A los méritos destacados por el jurado y a los que se desprenden de la semblanza realizada del premiado, Román Escudero, presidente de la Asociación, añadió que Jesús Sánchez Bargas, además de un buen profesional como lo demuestra su trayectoria, es alguien que se siente muy ICAI y que, como tal, aprecia en mucho este premio que le otorga su Asociación.

Javier Benjumea Llorente, representante de la familia Benjumea, fue el encargado de entregarle la placa conmemorativa del premio, tras lo cual Jesús dirigió unas palabras a todos los asistentes:

"... Quisiera que esta breve intervención sirva de agradecimiento, por un lado, a aquellos que hacen posible el mantenimiento de este premio anual Javier Benjumea, para el que he sido nominado y finalmente seleccionado en su vigésima edición y, por otro, a todos aquellos que con su apoyo han hecho posible el haberlo recibido después de más de 25 años de trayectoria profesional.

Por lo tanto, mi primer agradecimiento es para Javier Benjumea Llorente, como representante de la familia Benjumea, por el mantenimiento de este prestigioso Premio, que es una referencia para los ingenieros de ICAI y que tanto representa para todos nosotros. Es, sin





Jesús Sánchez Bargas.

duda, un premio muy motivador para todos los que formamos parte de este colectivo.

Asimismo, quiero agradecer a la Universidad y a la Asociación su labor y contribución inestimable en el mantenimiento tanto de este premio como de su imagen y prestigio.

En segundo lugar, también quiero tener unas palabras de agradecimiento a aquellos que han hecho posible que hoy reciba este premio, a mis compañeros y amigos que han propuesto mi candidatura y al jurado por su decisión de otorgarme este reconocimiento.

También es esta una excelente ocasión para agradecerle a mi familia el apoyo durante estos años en los que ha habido que realizar esfuerzos y sacrificios, ya que sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible alcanzar el nivel de dedicación necesario para llegar hasta mi posición actual. Quiero, por lo tanto, dedicar este premio a todos ellos, compañeros, familia y amigos.

Es para mí un gran motivo de orgullo recibir la vigésima edición del Premio Javier Benjumea y pasar a formar parte de la lista de compañeros galardonados que ocupan puestos muy relevantes en distintas empresas. Este premio reconoce a algunos de los ingenieros de ICAI que hemos podido destacar tras unos años de ejercicio profesional, lo cual te hace pararte a pensar y hacer balance de los, en mi caso, 28 años transcurridos desde que en 1986 finalicé la carrera junto a otros 45 compañeros, y es con la pers-

pectiva que te da el tiempo transcurrido, cuando te das cuenta de la importancia que tiene la formación que hemos recibido en el ICAI, una formación técnica de primer nivel que te permite una integración rápida en el mundo laboral y así poder seguir formándote antes de empezar a aportar valor, pero también de otra formación, tan importante o más que ésta, y es aquella que te inculca una serie de valores imprescindibles para poder llegar a tener éxito profesional, y que junto con la formación técnica, hace que los ingenieros de ICAI podamos presumir de una formación integral.

Y los valores a los que me refiero son la perseverancia, el compromiso, la solidaridad, el sacrificio ya que, todos ellos, representan un elemento diferenciador que es parte de nuestra imagen de marca y de nuestro ADN como ingenieros de ICAI. Considero realmente importante que todos los ingenieros de ICAI fomentemos nuestra imagen de marca y el prestigio alcanzado, y animo a todos a realizarlo con un sólido espíritu corporativo.

Una vez más, muchísimas gracias a todos por este reconocimiento.”

Conferencia “La ingeniería de control: una tecnología escondida pero omnipresente”, Francisco Luis Pagola y de las Heras

Para finalizar el acto, Luis Pagola ofreció una interesante conferencia relacionada con su dedicación profesional, la regulación automática, y

que transcribimos a continuación:

“Muchas veces me han preguntado cuál es mi especialidad dentro de la ingeniería, y he dado distintas contestaciones: sistemas de control, regulación automática, sistemas realimentados. Inmediatamente me preguntan: ¿y eso qué es?, ¿es electrónica?, ¿qué construí?, ¿qué sistemas son esos?, ¿para qué sirven?

Parece que mi caso es frecuente entre mis compañeros de especialidad, que se quejan de lo difícil que es explicar a qué nos dedicamos. Nombres como control o automática no han calado en el público, mientras que otros relacionados, como cibernética o robótica, obtienen mucho más reconocimiento y comprensión aparente.

Me gustaría dedicar esta media hora a convencerles de que merece la pena saber un poco más de los principios del control. ¿Por qué?:

- Porque están presentes en casi todas las aplicaciones tecnológicas.
- Porque prestan una contribución esencial a muchas de ellas.
- Porque se relacionan con todas las especialidades de la ingeniería y con las matemáticas.
- Porque trascienden la ingeniería hacia la ciencia.
- Porque sirven para comprender mecanismos de la naturaleza y de la humanidad, en otras disciplinas científicas como la biología, la psicología o la economía.

Para mostrar todo ello alternaré descripciones, basadas en ejemplos de la historia del control, con la exposición de tres principios básicos:

- La realimentación.
- La estabilidad.
- La robustez.

A través de ellos me iré acercando a otras disciplinas, para terminar discutiendo nuestra responsabilidad con el desarrollo sostenible.

Comenzaré dando ejemplos de la historia temprana de los sistemas de control

En el siglo III antes de Cristo los griegos de Alejandría emplearon un regulador de nivel para construir un reloj de agua: se pretende obtener un flujo de agua invariable que, al ir llenando un

depósito, permita medir el tiempo. Para ello se mantiene un depósito intermedio con un nivel de agua constante, mediante un flotador que cierra la entrada de agua cuando el nivel sube. Posiblemente estén ustedes familiarizados con este sistema de control de nivel, que se sigue empleando en la cisterna del baño.

Los reguladores de temperatura, para hornos de cerámica y para incubadoras, se han documentado en los siglos XVII y XVIII. El principio del termostato les resultará familiar: un elemento sensible a la temperatura influye sobre una válvula o un interruptor que aumenta el aporte de calor cuando la temperatura es baja, y, si es alta, lo disminuye, lo elimina o lo invierte, según las posibilidades. Desde la Edad Media los molinos de viento desarrollaron refinamientos para automatizar algunas funciones: para orientar las aspas en la dirección del viento, se montan unas pequeñas aspas auxiliares de forma perpendicular, de manera que el viento las hace girar cuando las primeras no están orientadas; mediante una transmisión mecánica mueven el conjunto hasta que las aspas principales se orientan, y entonces dejan de girar las auxiliares, que quedan de través. Otros mecanismos de los molinos variaban el flujo del grano o la distancia entre las piedras según la velocidad, para mantener la calidad de la molienda. En la actualidad, los generadores eólicos también deben en-

frentar los problemas de variación en la dirección y la intensidad del viento. Se desarrollaron así procedimientos para medir la velocidad. En este contexto, medir significa obtener una acción utilizable que dependa de la velocidad. Un dispositivo de mucho éxito posterior consiste en dos bolas pesadas que la máquina hace girar, y se elevan por fuerza centrífuga tanto más cuanto mayor es la velocidad. El regulador centrífugo de la máquina de vapor de Watt aprovecha este dispositivo: al elevarse las bolas, se estrangula la entrada de vapor, de manera que una posible subida de la velocidad acaba compensándose con un menor aporte de energía, y a la inversa.

La máquina de vapor es el gran hito de la revolución industrial, que comenzó a finales del siglo XVIII. Significó domesticar la energía producida por la combustión, para lo cual fue esencial mejorar la fabricación mecánica y la aplicación de la termodinámica (por cierto, antes de que existiera como ciencia). Pero el regulador fue vital para su desarrollo y, sin él, no hubiera resultado práctica. En la entrada a la Escuela de Ingenieros Industriales de la UPM pueden ustedes contemplar una de estas máquinas, con su regulador muy visible. Las bolas también figuran, junto con un electroimán, en el escudo de los ingenieros industriales.

Las fábricas textiles necesitan mover muchas máquinas individuales, como te-

lares e hiladoras. Una de estas fábricas, con tecnología del siglo XIX, se ha conservado como museo en Terrassa, cerca de Barcelona, y les recomiendo la visita. Una única máquina de vapor, con su regulador correspondiente, suministraba movimiento a toda la fábrica, mediante ejes, poleas y correas de transmisión.

Estos ejemplos ponen de manifiesto un principio común: la realimentación

Muchos de ustedes conocerán el nombre en inglés: feedback. El diccionario Collins da una primera acepción que se emplea popularmente: 'Comentarios e información acerca de algo que alguien ha hecho, indicándole si tuvo éxito o aceptación.' Así, si ustedes comienzan a bostezar, mover los pies o consultar frecuentemente el reloj me indicarán que se están aburriendo. Yo quizá opte por seguir como si tal cosa, pero hay otra posibilidad: si tomo medidas para disminuir su aburrimiento, como contar alguna anécdota o evitar partes pesadas, diremos que 'cerramos el lazo de realimentación'. Especialmente si al notar su nueva reacción tomo nuevas decisiones sobre mi comportamiento, convirtiéndolo en un proceso permanente para lograr mis objetivos: que ustedes mantengan la atención y aprendan alguna cosa. Supondremos entonces que la simple información no constituye realimentación más que cuando se convierte en acción, modificando a su vez la información. Por este motivo muchos preferimos el término realimentación, que da idea de volver y volver a actuar al término retroalimentación, que parece quedarse solamente en pasar información 'hacia atrás'. En resumen, realimentación describe mecanismos, artificiales o naturales, por los que un proceso acaba influyendo sobre sí mismo. Es un truco usado extensamente en los sistemas automáticos. Muchos reguladores tienen como objetivo llevar una variable de un proceso a un valor deseado, y usan realimentación negativa: cuando la variable sube, el control la hace bajar, y a la inversa. Tomemos el control de velocidad de crucero de un coche, que mantiene la velocidad en el valor que se ajusta. Se pueden distinguir tres elementos:



Francisco Luis Pagola y de las Heras.

- Un medidor, el velocímetro.
- Un calculador, con un programa que decide la actuación.
- Un actuador, el acelerador.

El calculador compara la velocidad deseada con la velocidad medida, si es conveniente acelerar más o menos, y aplica el resultado al acelerador. El éxito de la realimentación se debe a su capacidad de reaccionar para mantener un objetivo, incluso en situaciones no del todo previstas. El control de velocidad de crucero compensa las variaciones de pendiente del recorrido, distintas condiciones de carga o diferentes velocidades del viento. Todo ello mediante el sencillo truco de acelerar más o menos según la medida de la velocidad, sin necesidad de medir la pendiente, la carga ni la velocidad del viento.

Sin embargo, la realimentación introduce un peligro: la inestabilidad

Ilustraré esto con un control manual, no automático: la dirección de un coche tiene realimentación humana, con medida de la dirección por la vista del conductor, cálculo a cargo del cerebro, y actuación por los brazos y el volante. Al aprender a conducir, es frecuente calcular mal y corregir en exceso o a destiempo las desviaciones del recorrido recto, haciendo eses. Los sistemas automáticos también pueden sufrir este efecto, por lo que el cálculo que relaciona la medida con la actuación debe establecerse cuidadosamente. Esto es lo que se llama ajustar el regulador, y es uno de

los trabajos más típicos del ingeniero de control. En los sistemas de control, la inestabilidad suele manifestarse por la presencia de oscilaciones (como en la economía). El estudio de la estabilidad conectó la tecnología del control con la ciencia.

En 1868 James Maxwell estudió los reguladores de velocidad. Maxwell es famoso por las ecuaciones que resumen la electricidad y el magnetismo. Uno de los mayores científicos de todos los tiempos, se sintió atraído por los mecanismos del control y la realimentación. Para estudiar los reguladores de velocidad, Maxwell obtuvo modelos matemáticos, consistentes en ecuaciones diferenciales. Redujo el estudio de la estabilidad al de las raíces de un polinomio, estableciendo que éstas deben tener su parte real negativa para que el modelo sea estable. El matemático Edward Routh dio un paso más allá: estudió condiciones para que un polinomio tenga todas sus raíces con parte real negativa. Este resultado proporciona criterios prácticos para ajustar reguladores. Routh fue discípulo de Maxwell en Cambridge, el primero de la clase (Maxwell fue el segundo). Se aprecia cierta rivalidad en la introducción de Routh: 'Ha llegado recientemente a mi atención que mi buen amigo James Clerk Maxwell ha tenido dificultades con un problema relativamente trivial...'

Un salto en el tiempo nos lleva a la compañía telefónica de Estados Unidos (Bell Telephone) hacia 1930, el estudio de amplificadores realimentados y los métodos de respuesta en frecuencia. La

comunicación telefónica a larga distancia requirió reconstituir la señal de voz, que se iba atenuando, mediante amplificadores. Es curiosa la analogía con los mensajeros a caballo, que debían reponer sus monturas en sucesivos relevos. Y con el telégrafo, que usa centrales de relevos (de donde viene el nombre de relé) para volver a dar fuerza a los puntos y rayas del código Morse. Harold Black vio que la realimentación daba una solución para obtener amplificadores de telefonía con buenas características, independientes de variaciones en su construcción y de influencias exteriores. En un amplificador la realimentación consiste en restar una fracción de la salida del mismo a su entrada; se reduce la amplificación, pero se consigue un funcionamiento más fijo y predecible. Una vez más, una realimentación inadecuada produce amplificadores 'que cantan': son osciladores o sistemas inestables. Harry Nyquist obtuvo un resultado central: la estabilidad de un sistema realimentado puede estudiarse a partir de la respuesta en frecuencia del lazo abierto, es decir, de la manera en que las oscilaciones se propagan de la entrada a la salida y vuelven. El desarrollo se basa en la teoría matemática de variables complejas. En su tiempo pocos ingenieros podían seguir el artículo de Nyquist, quien tiempo después acabó confesando que la Bell Telephone, temerosa de la competencia, le había indicado que tampoco era necesario que lo explicara muy claro. Hendrik Bode resumió los desarrollos del grupo



sobre técnicas gráficas, criterios, compromisos y límites en el diseño de amplificadores realimentados. Dentro de ellos, la determinación no solamente de si un modelo es estable, sino si está suficientemente lejos de ser inestable, o es suficientemente robusto. Esto quiere decir que el sistema cumplirá sus objetivos aunque se usen componentes imperfectos, que en el fondo es lo que pretendía Black.

En la década siguiente, durante la segunda guerra mundial, se desarrollaron los servomecanismos, que mueven un cañón antiaéreo de la manera deseada o, más pacíficamente, un lector de disco, un trazador o plotter, una herramienta o un brazo de robot. La teoría correspondiente usa los mismos principios de los amplificadores realimentados en sistemas que ya no son puramente electrónicos, sino híbridos de electricidad, mecánica, electrónica, a veces hidráulica. Comienzan a aparecer los primeros textos de servomecanismos. En 1950 Walter Evans presenta la técnica del lugar de las raíces, que vuelve a la respuesta en el tiempo. Distintas escuelas hacen énfasis en la respuesta en frecuencia o en el tiempo. En Europa, la frecuencia suele ser la favorita y el tiempo, en Estados Unidos. Pero ambas deben figurar en la caja de herramientas del ingeniero de control.

La tecnología del control de procesos, como el control de temperatura, de nivel o de presión, está presente extensamente en la industria química y del petróleo. Una gran variedad de sensores sirven para medir; usa frecuentemente aire comprimido (neumática) para calcular y válvulas como actuadores. Se desarrolló de modo eminentemente práctico, usando poco la ciencia y la matemática; pero se fueron refinando trucos útiles y, sorprendentemente, universales: por supuesto, la realimentación, y además las tres acciones: proporcional, integral, diferencial. Ziegler y Nichols publican en 1942 un artículo de enorme influencia, que sigue siendo la base del ajuste práctico de estos reguladores, a partir de modelos simples pero efectivos.

Existen hoy dos tradiciones: la del control de procesos, típica de las ingenierías química y mecánica, y la de los servomecanismos, típica de la ingeniería

eléctrica, con llamativas diferencias de escala de tiempos (minutos o segundos) y de lenguaje. Pero los principios son idénticos.

La ingeniería de control está por todas partes, pero escondida

Es siempre una tecnología que apoya a otras, facilitando la solución de problemas. Bernstein lo resume en una metáfora: 'Entretejido en el rico tapiz de la historia de la tecnología hay un hilo invisible que ha tenido un efecto profundo en las distintas olas del progreso.'

El reloj, un oscilador mecánico, facilitó la revolución científica, el regulador de la máquina de vapor facilitó la revolución industrial, el amplificador facilitó la era de las comunicaciones. Facilitadores de la era de la aviación y espacial son el alerón y el giróscopo. El alerón es un actuador que permite variar la sustentación del ala. Los giróscopos son peonzas usadas para medir ángulos y velocidades. Y el cálculo intermedio facilita la estabilización y la conducción, llegando al piloto automático.

Una vistosa demostración de estabilización automática tuvo lugar en París, en 1914, solamente diez años después del vuelo de los hermanos Wright. La hizo Lawrence Sperry pilotando un biplano: 'A la vista de los jueces, el piloto se puso de pie y levantó las manos. El mecánico también se levantó y caminó dos metros sobre el ala inferior. Los observadores esperaban que el avión se inclinara; en lugar de ello, vieron los alerones moverse automáticamente para mantener un vuelo nivelado. Habían presenciado la demostración más impresionante de todos los tiempos de un sistema realimentado de control.'

El Comité Español de Automática cita ejemplos importantes de aplicaciones agrupadas por sectores:

- Transporte: aeronáutico, espacial, marítimo, ferroviario y automóvil. Éste último incorpora cada vez más controles, basados en un número creciente de medidores, comunicaciones, cálculos y actuadores: la inyección electrónica, controles de tracción y frenada, control de velocidad...

- Fabricación: robots, manipuladores, máquinas herramienta, electromecánica de precisión, robótica móvil...

- Grandes instalaciones: plantas químicas, centrales y redes eléctricas, grandes laboratorios científicos. Cualquiera de estas instalaciones tiene miles de lazos de control.

Con estos ejemplos espero haberles transmitido la idea de que los sistemas de control figuran en casi todas las realidades tecnológicas presentes y futuras. En todos los casos la viabilidad, o al menos la eficiencia de estas tecnologías, depende de un regulador, que, sin embargo, no es lo más visible.

A finales de los años 50 la llamada "teoría clásica" de control estaba establecida

Al comenzar la era espacial se produjo un cambio de orientación, que ha venido en llamarse 'teoría moderna'. Los ordenadores son absolutamente necesarios para diseñar (a diferencia de la teoría clásica, en la que significan más bien una comodidad o mayor productividad). El control moderno cosechó sus principales éxitos en la tecnología espacial, y no tanto en el control de procesos, con modelos peor conocidos. Se llegó a la conclusión de que el control moderno produce buenos resultados si el modelo del sistema a controlar es muy bueno; pero la teoría clásica obtiene reguladores aceptables usando modelos no muy realistas. A partir de ello se ha desarrollado una síntesis, que algunos llaman control neoclásico o control postmoderno. El concepto clave es la robustez, o capacidad de funcionar a pesar de cambios en el modelo nominal. Sabemos ya que la realimentación puede causar problemas de estabilidad en una planta estable. Pero también se usa en sentido contrario, para estabilizar una planta inestable. Por ejemplo, el transportador personal Segway (ése en el que se va de pie sobre dos rueditas) usa el control para equilibrarse, en una situación análoga a la de mantener un bastón vertical sobre la palma de la mano.

Si la planta es inestable el control es crítico, y no puede fallar de ninguna manera. Además, hay casos en los que es posible obtener un sistema estable, pero es imposible obtener suficiente robustez. La robustez juega siempre un gran papel en el funcionamiento de un control.



Muchas veces se obtiene fácilmente, pero en casos difíciles puede determinar limitaciones fundamentales del control: cuando es imposible alcanzar suficiente robustez aunque se use toda la caja de herramientas de controles pasados y futuros. Stein advierte: Respeten lo inestable. Analiza el accidente de Chernobyl, un reactor inestable con un control inadecuado. También pone ejemplos de pilotos automáticos con serias limitaciones de robustez.

La realimentación en la naturaleza y en los sistemas sociales

La palabra sistema es todavía más amplia que la palabra control. Según el Diccionario de la Real Academia Española, 'Sistema es un conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto'. El profesor de Comillas-ICAI Ángel Sarabia describe la Teoría General de Sistemas y un grupo de 'Teorías sistémicas' en relación con las matemáticas: 'Todas tienen en común el hecho de que, habiendo surgido en campos de investigación dispares, han sido aplicadas a situaciones muy distintas a las que las vieron nacer.'

Desde mediados del siglo XX se sugiere que la ingeniería y las matemáticas pueden dar una base para modelos y estudios en fisiología, psicología y ciencias sociales. Sin embargo, resulta difícil dar cuenta ordenadamente de campos muy amplios y separados, que a veces parecen copiarse, quizá fertilizarse mutuamente, y otras ignorarse.

Para este ingeniero, los niveles de abstracción (o quizá de falta de resultados tangibles) de la Teoría de Sistemas son grandes, aunque haya propuestas muy sugerentes. En cambio, cuando se usan modelos, incluso si son más conceptuales que matemáticos, más cualitativos que cuantitativos, puede palparse una clara afinidad con las técnicas de modelado, simulación y extracción de información que forman parte de las herramientas del ingeniero de control. La homeostasis es un mecanismo biológico para mantener constante alguna condición de funcionamiento, como la temperatura corporal, el nivel de oxígeno o el de glucosa en la sangre. Usa la realimentación, sensores y actuadores, como los sistemas artificiales con análogos objetivos. El mayor punto de contacto con los sistemas dinámicos, ingrediente esencial de la ingeniería de control, es el estudio de la evolución en el tiempo de las variables de un modelo. Un problema central en control es la estabilidad, y la observación de ciclos repetitivos en la naturaleza parece enlazar con él. La dinámica de poblaciones estudia la evolución de poblaciones, típica animales, aunque viene precedida por las teorías de Malthus sobre las poblaciones humanas, que ponen de manifiesto varios mecanismos de realimentación positiva y negativa. Un nombre más castizo para la realimentación positiva es círculo vicioso, que también puede ser virtuoso si nos agradan sus efectos. La reproducción de una especie es una realimentación positiva: a más liebres, más

liebres. La acumulación de capital en la economía, dinero llama dinero, es otro círculo, vicioso o virtuoso, según desde dónde se mire.

En situaciones de comida abundante, las poblaciones crecen (realimentación positiva), pero al crecer puede disminuir la comida accesible y por tanto la población (realimentación negativa). Si hay muchas liebres, la población de liebres encuentra comida abundante y acaba creciendo, lo cual ocasionará una disminución en la población de liebres, y los linces encontrarán menos comida y su población se reducirá, dejando que las liebres aumenten en número. Los modelos de depredadores y presas son esencialmente ecuaciones diferenciales y como tales no se distinguen de los modelos de muchos sistemas dinámicos mecánicos o eléctricos. Según las hipótesis y los valores de los parámetros, la evolución en el tiempo del modelo puede conducir a poblaciones crecientes, estables, extinciones, ciclos repetitivos, comportamiento caótico. Existe la esperanza de que estos modelos puedan explicar los ciclos observados. La Dinámica de Sistemas es una metodología para construir modelos cualitativos y cuantitativos que permitan entender y discutir, quizá simular, el comportamiento dinámico de sistemas complejos. Los diagramas de bloques, flujos y almacenes, realimentaciones positivas y negativas son conceptos fácilmente comprensibles para un ingeniero de control (siempre que no se empeñe en obtener resultados cuantitativos). Se acepta como iniciador a Jay Forrester en torno a 1950, con el análisis de problemas de gestión empresarial: mostró que un ciclo de tres años en el empleo de una fábrica se debía a la estructura interna de la gestión, y no a influencias exteriores. La metodología se ha extendido a muchos problemas económicos y administrativos, y es especialmente famosa por el informe sobre los límites del crecimiento encargado por el Club de Roma, basado en un modelo del mundo.

En los años 80 asistí a un congreso de Dinámica de Sistemas en Sevilla. Había varias presentaciones ilusionadas (era la novedad) de dinámicas caóticas. Ya saben, eso de 'el aleteo de una mariposa en Pekín provoca un huracán en Nueva

York'. Oí murmurar a otro congresista: 'No se dan cuenta de que esto es la muerte de nuestro campo'. En efecto, si pequeños cambios en los datos pueden producir grandes variaciones en los resultados, los modelos pueden no servir para gran cosa: diríamos que su comportamiento no es robusto.

El éxito de todas estas técnicas está siempre puesto en cuestión. En comparación con la ingeniería, parece que estudiar sistemas complejos naturales o sociales es muy difícil, ya que a menudo las conclusiones no son corroboradas por la realidad. Pueden señalarse los siguientes principios teóricos discutibles. El premio Nobel de economía Stiglitz ha señalado recientemente: 'El conjunto de ideas que presentaré aquí socavó la teoría de Adam Smith y la visión de gobierno que descansaba en ella. Esas ideas han sugerido que la razón de que la mano del libre mercado sea invisible es simplemente que no está, o al menos que está parálitica.'

- La determinación de causa y efecto es casi siempre muy clara en ingeniería, pero mucho menos en las ciencias.
- La confirmación experimental es difícil en entornos poco controlados. Ello también dificulta la medición de los parámetros de los modelos.
- El efecto mariposa, o falta de robustez, agrava las consecuencias de tener parámetros o modelos poco precisos.

Desarrollo sostenible

Para un ingeniero de control, un crecimiento indefinido de una variable representa otra clase de inestabilidad, sin oscilaciones. El paradigma es el crecimiento exponencial, o en proporción geométrica, típico del interés compuesto. Avisamos a nuestros alumnos de que eso es lo que predice el modelo, pero que la realidad no tolera estos comportamientos: algún fusible saltará, alguna limitación no tenida en cuenta en el modelo actuará. Así, me sorprende que en el mundo de la economía el crecimiento indefinido parece deseable: cuando no crecemos, entramos en depresión... y nos deprimimos. Me parece claro que esto que tenemos no es un desarrollo sostenible. El informe de 2009 'El Ingeniero del ICAI y el Desarrollo Sostenible' presenta un abanico de ideas de

profesores de Comillas-ICAI. Es característico de la ingeniería de control que no presenta propuestas independientes de otras tecnologías, pero que de hecho coopera con la mayoría, y frecuentemente es indispensable. Por ejemplo: los servomecanismos que se emplean para orientar paneles solares. El aprovechamiento de la energía eólica depende de la capacidad de controlar la conversión de una energía mudable. Las redes inteligentes, para el transporte y distribución de electricidad, usan distintos actuadores novedosos para potenciar la capacidad de control. La seguridad nuclear, la seguridad de suministro y de funcionamiento se basan en técnicas automáticas. Métodos de detección, medida, valoración y control de los impactos ambientales usan técnicas cercanas al control automático. En transporte, los coches eléctricos o híbridos, la conducción automática, la tarificación inteligente o la regulación del tráfico. Modelos para optimización de la producción y control del consumo de recursos, bioingeniería y muchas aplicaciones de la robótica. La automatización de la industria química conduce a notables ahorros de energía y materiales. Las redes de distribución de agua potable o de riego sufren enormes pérdidas y tienen escaso nivel tecnológico: el ahorro y el control que la automatización proporciona serán cada vez más relevantes.

Invito a todos los ingenieros de todas las especialidades a que busquen más soluciones, teniendo en cuenta que un ingrediente frecuente es la automatización.

Esto es porque los sistemas automáticos funcionan a menudo mejor que los humanos: las luces y los grifos con detectores de presencia o temporizadores ahorran más que los cartelitos de 'por favor, al salir apaguen las luces y cierren los grifos'. El profesor de Comillas- ICAI, Ignacio Pérez Arriaga, resume: 'El desarrollo sostenible descansa sobre la aceptación de que el desarrollo es posible y necesario; de que debe hacerse sostenible, perdurable y viable en el tiempo, y de que la sostenibilidad debe ser triple: económica, social y ambiental.'

Parece que en la mala situación económica actual toda la preocupación es por volver a crecer, se entiende que a cualquier precio. Desgraciadamente, se prima la vertiente económica y se olvidan (lo estamos viendo) las vertientes social y ambiental. Eso incluso dentro de nuestro país y de Europa; para qué vamos a hablar de la solidaridad con los menos desarrollados y del 0,7%. Debemos reaccionar constructivamente contra esta variedad de derrotismo no solo egoísta, sino suicida.

Entonces, ¿en qué consiste la ingeniería de control?

Hemos visto que la ingeniería de control está presente en la mayoría de las realizaciones tecnológicas, saltando sobre las tradicionales divisiones en ingeniería eléctrica, mecánica, química, comunicaciones... No solamente eso, sino que es fundamental para su funcionamiento. El ingeniero de control puede



contribuir a todas las especialidades, y el diálogo entre especialistas puede ser muy fructífero. Este diálogo, sin embargo, no es fácil: hay que vencer muchas diferencias de lenguaje, de formación y de tradición. La ingeniería de control usa conceptos transversales a muchas disciplinas.

Nos hemos fijado en tres: realimentación, estabilidad y robustez. La realimentación está presente en todas las realidades complejas: ingeniería, física, química, biología, fisiología, psicología, sociedad. Pero no es fácil definir con precisión un concepto que subyace a todos los sistemas complejos. La estabilidad fue el primer problema científico que se planteó la ingeniería de control, y sigue siendo central. Se manifestó como ciclos indeseables en el regulador de la máquina de vapor. Pero los ciclos pueden ser deseables, como en un oscilador o un reloj, o quizá inevitables, como en la dinámica de poblaciones o en la economía. También son indeseables para un ingeniero de control los crecimientos exponenciales, que parecen el máximo objetivo de la economía. Una aportación preciosa de la ingeniería de control es que la estabilidad puede estudiarse matemáticamente y dar criterios prácticos de diseño. La robustez es la propiedad, frecuente en un sistema realimentado, de cumplir sus objetivos, aunque se haya usado para diseñarlo un modelo imperfecto de la realidad. La



robustez es fundamental para muchos campos de la ingeniería. Sin embargo, muchos sistemas naturales y sociales parecen sufrir de la propiedad contraria: pequeñas diferencias pueden causar grandes efectos. El estudio de la robustez de los sistemas y de sus modelos debe ser crucial en toda ciencia. Los ingenieros de control sabemos que para que nuestra aportación sea efectiva debemos aprender más de otras especialidades y disciplinas. Pero es tarea imposible si se acomete desde una sola dirección, y es deseable que también las otras disciplinas sean conscientes de lo que puede

aportar la ingeniería de control contribuyendo a juntarnos a mitad de camino. Esta conferencia quiere ser una pequeña contribución en esa dirección.

El saber y la habilidad no son neutros, y debemos usarlos y potenciarlos para ayudar a resolver los graves problemas que la humanidad tiene planteados. Como ingenieros y como ciudadanos, podemos contribuir mucho al desarrollo sostenible, en su triple vertiente: económica, social y ambiental.

Termino con unas palabras del Papa Francisco: 'La crisis actual no es sólo económica y financiera, sino que tiene sus raíces en una crisis ética y antropológica. Seguir los ídolos del poder, del provecho, del dinero, por encima del valor de la persona humana, se ha vuelto una norma básica de funcionamiento y el criterio decisivo de la organización. Se ha olvidado que por encima de la lógica de los negocios, de la lógica y de los parámetros del mercado, está el ser humano y que hay algo que es debido al hombre en cuanto hombre, en virtud de su dignidad profunda: ofrecerle la posibilidad de vivir con dignidad y de participar activamente en el bien común'."

Tras las palabras conclusivas del rector, en las que recogió el espíritu común que reflejaban todos los premiados y homenajeados en el acto, los asistentes pudieron disfrutar de una copa de vino español en la cafetería de la Universidad. ■

