Laudatio del profesor Manuel Martínez Sanchez

Excelentísimo y Magnifico Rector, Autoridades Académicas, Señoras y Señores,

Es privilegio y motivo de gran satisfacción decir la *Laudatio* de Manuel Martínez Sánchez, del que fui un temprano coetáneo en Estados Unidos. Esta *Laudatio* celebra la extraordinaria actividad del Profesor Martínez Sánchez en investigación, en docencia, y en la conexión académica con España y particularmente con la UPM.

Martínez-Sánchez se graduó en la E.T.S. de Ingenieros Aeronáuticos en junio de 1967 con el número 1 de su promoción. Recién graduado, partió para el *Massachusetts Institute of Technology* (*MIT*) con una beca de dos años cofinanciada por *NASA* y *ESRO* (antecesora de la Agencia Espacial Europea, *ESA*), que le permitió obtener grados *Master* e *Engineer* en *Aeronautics and Astronautics*, de 1967 a 1969. De vuelta a MIT, tras cumplir meses de Milicia Universitaria, realizó el Doctorado entre 1970 y 1973, con una *Research Assistantship* de la *US Air Force*. Seguidamente comenzó una carrera académica ininterrumpida en MIT.

Su actividad investigadora ha abarcado múltiples temas en las áreas aeronáutica, al principio de su carrera, y espacial, en particular en el campo de la Propulsión, y ha estado financiada principalmente por NASA, la Fuerza Aérea americana, y compañías del sector aerospacial: *Loral, Aerodyne*, *Primex Aerospace, General Electric Aircraft Engines*, *Busek*. La labor de investigación del Profesor Martínez Sánchez, que se refleja en 200 publicaciones, exhibe la singular conjunción de tres habilidades.

Por una parte, la eficaz aplicación de fluidodinámica y física de plasmas para modelar muy diversos procesos de interés técnico. Por otra parte, un continuado trabajo experimental. En la década de los 80, Manuel Martínez Sánchez se hizo responsable y promotor de la Propulsión Espacial en MIT, fundando junto con el Prof. Dan Hastings el *Space Propulsion Laboratory*, que dirigió hasta hace meses. Con financiación de la *US Air Force*, Martínez Sanchez desarrolló 3 cámaras de vacío de alta calidad y una variedad de instrumentación auxiliar, lo que resultó ser imán para atraer estudiantes capaces, interesados en realizar investigación *hands-on* en Propulsión Espacial. Finalmente, Martínez Sánchez ha desarrollado, con estudiantes, los más avanzados códigos numéricos para analizar condiciones de plasma en Propulsión de efecto *Hall*, y su laboratorio es líder asimismo en la simulación numérica de Propulsión *Coloidal*.

Su investigación en el área aeronáutica abarca generadores magnetohidrodinámicos, turbinas de gas, aerogeneradores, y combustión.

En generadores MHD destaca su contribución al estudio teórico y experimental de la formación de arcos entre electrodos y de otros varios efectos, como la no-uniformidad

espacial del plasma. En el área altamente competitiva de Turbomaquinaria contribuyó a la teoría de la *Alford Force* sobre inestabilidades roto-dinámicas en turbinas y compresores, obteniendo por ello la prestigiosa Medalla *Melville* en 2003, y otros 2 galardones de la *American Society of Mechanical Engineers*. En aerogeneradores Martínez Sánchez contribuyó a la teoría de su aerodinámica, el control de velocidad y de paso para reducir vibraciones, y los efectos de su conexión a la red. Actualmente dirige una tesis doctoral sobre una técnica innovadora de estabilización de combustión con mezcla pobre mediante pulsos ultrarrápidos de plasmas de alto voltaje.

Su investigación en el área espacial abarca las amarras espaciales, múltiples sistemas de propulsión, y dinámica orbital. En este último campo estudió la optimización de trayectorias de bajo empuje para la empresa *Loral*, obteniendo resultados semi-analíticos para transferencias en dos y tres dimensiones, que *Loral* ha utilizado.

En el área de las amarras espaciales, el Prof. Martínez Sánchez fue pionero en el análisis del bombeo paramétrico de energía orbital por variación de longitud de la amarra, y la utilización de amarras en condiciones de emisión de electrones secundarios para sondear la capa ionosférica *E*. Martínez Sánchez colaboró asimismo en la determinación de la impedancia de radiación de amarra, y en la plasmación del fundamental concepto de amarra sin recubrimiento aislante. Una nueva área de investigación trata el concepto de *Radiation Belt Remediation*, en el que se usarían amarras como antenas con longitud del orden del kilómetro, emitiendo ondas de baja frecuencia para precipitar las cargas de alta energía atrapadas en los Cinturones de Radiación de *Van Allen*, que son críticamente dañinas para la electrónica de satélites.

En Propulsión Espacial avanzada Martínez Sánchez ha realizado contribuciones pioneras para muchos tipos de motores de plasma: *resistojets*, de arco eléctrico, magnetoplasmadinámicos, de Efecto Hall, coloidales.

En resistojets fue consultor de *Loral* para resolver un problema de obturación prematura del inyector de hidracina. En motores de arco eléctrico Martínez Sánchez esclareció la dinámica de no-equilibrio, explicando por primera vez la caída de potencial de ánodo por dicho efecto. En motores magnetoplasmadinámicos destacan las contribuciones teóricas y los códigos numéricos para la comprensión de la fluidodinámica del plasma en los mismos, y en particular el fenómeno de la llamada '*Onset instability*' mediante desarrollos teóricos y experimentales. Clarificó además la estructura unidimensional magnetoplasmadinámica, explicando el papel de las sucesivas singularidades sónica y alfvénica.

En motores de efecto Hall, Martínez Sánchez ha realizado contribuciones fundamentales. La investigación en esos motores había sido suspendida en los EE.UU. en 1970, pero en la URSS había continuado hasta el punto de su utilización en vuelo. En 1992, coincidiendo con un período de excepcional apertura de la ciencia y tecnología rusas al resto del mundo, Martínez Sánchez promovió un seminario en MIT entre expertos rusos en motores Hall de la compañía *Fakel* y del *Moscow Aviation Institute*, e ingenieros de NASA, la Fuerza Aérea

americana, la industria, y MIT, que catalizó la reactivación de investigación de esa propulsión en EE.UU. y en Europa. Su equipo ha trabajado intensamente en los aspectos teóricos, numéricos, y experimentales de los mismos. Así, su *Space Propulsion Laboratory* ha desarrollado los códigos de simulación más avanzados de los motores Hall, que son hoy usados en el *Jet Propulsion Laboratory* de NASA, y en el *Air Force Research Laboratory*, para predicciones de actuación y vida útil, y han sido replicados por otros grupos. Asimismo, el *Space Propulsión Lab* ha fabricado mini-motores de 50-100 vatios buscando extender los límites de actuación eficiente de los motores Hall. Finalmente ha realizado aportaciones teóricas cruciales para el modelado y comprensión de la dinámica del plasma. Actualmente, dentro de un proyecto interuniversitario de Propulsión Espacial Avanzada con las Universidades de *Stanford* y *Princeton*, financiado por el *Air Force Research Lab*, dirige la investigación de un diseño modificado de motor de efecto Hall, el cual, mediante apantallamiento magnético de las paredes de la cámara, reduce apreciablemente los problemas de erosión y pérdidas de energía en las paredes.

En propulsión coloidal, también llamada *electrospray*, Martínez Sánchez fue hace unos quince años el principal promotor de su resurrección, en la búsqueda de micro-propulsión de alto impulso específico. Esta tecnología, abandonada en la década de los 70 por el desarrollo del motor iónico combinado con la reducción en la financiación de estudios espaciales, es hoy una de la más prometedoras en el rango de la micro-propulsión de minisatélites o para maniobras de precisión. Su laboratorio es líder en la experimentación de la misma, la micro-fabricación de paneles de micro-propulsores, y su simulación numérica. Martínez Sánchez es coautor de dos patentes en este campo. De la primera, '*Method to produce ions and nano-drops*…' son co-inventores el Prof. Fernández de la Mora en *Yale*, y Manuel Gamero Castaño, entonces en *Busek*. La segunda patente, "*Focused negative ion beam field source*", describe una fuente monocromática de iones puros para aplicaciones en litografía y microscopía que es capaz de generar iones negativos altamente reactivos; se negocia ahora su licencia con distintas compañías dedicadas a la tecnología de haces de iones.

Manuel Martínez Sánchez intervino decisivamente, hace veinte años, en la reconversión de la compañía americana *Busek*, sita cerca de Boston, al sector de la propulsión espacial, participando en el diseño de los motores de efecto *Hall BHT*-200 (hoy operado por la Fuerza Aérea americana) y *BHT-4000* (hoy comercializado por *Aerojet*) y en los motores de electrospray que operarán próximamente en la misión *Lisa Pathfinder* de ESA-NASA, prevista para el 2015.

En su actividad docente, el Profesor Martínez Sánchez, a lo largo de 40 años, ha impartido una extraordinaria variedad de materias de Aeronáutica y Astronáutica. Siempre le interesó la eficaz transmisión de saber técnico a nuevas generaciones de ingenieros, en particular en el área, huidiza, de la enseñanza de creatividad en ingeniería. Una razón de su especial atractivo para los estudiantes ha sido su habilidad en comunicar desafíos intelectuales, debida en parte a su propia intensa involucración en problemas; su estar

alerta a oportunidades de investigación interesantes en áreas variadas; y su capacidad para enseñar a modelar situaciones físicas muy diversas, capacidad que es esencial en ingeniería.

Para el grado *Bachelor*, que abarca 4 años, se requiere en MIT haber cursado allí al menos 3 años, incluyendo el cuarto y último. Cierto número de los futuros titulados suele ingresar en MIT en el segundo año, y se encuentra con el singular Programa de *Unified Engineering*, que integra enseñanza de Estructuras, Materiales, Mecánica de Fluidos, Termodinámica y algo de Propulsión, Señales, y Sistemas. Aparte de usuales problemas semanales, se plantean algunos ejercicios de Sistemas que integran cuestiones de dos o más de esas materias, acopladas con tareas de Taller o Laboratorio. Al acabar el curso, suele haber competición de vuelo de algún modelo de avión modificado en esos ejercicios. Martínez Sánchez fue coordinador de *Unified Engineering* durante 2 períodos de 3 años y presidió en 2005 el Comité para revisar el Programa.

Martínez Sánchez ha sido asimismo responsable de los estudios de grado *Bachelor* en su Departamento de Aeronáutica y Astronáutica por un periodo de 7 años, y fué responsable del programa de Doctorado durante varios períodos, en los que contribuyó activamente al diseño curricular y a la internacionalización del Departamento. Él mismo ha enseñado repetidamente múltiples materias en estudios de grado *Bachelor* y de postgrado, incluyendo el *Projects Lab*, Gases Ionizados, Motores Cohete, Propulsión Hipersónica, y Propulsión Espacial. Creó estas 2 últimas asignaturas de postgrado en áreas no previamente consideradas y publicó lecciones *on-line* en el *OpenCourseWare* de MIT, de acceso universal. Una de ellas, Propulsión Espacial, ha servido de modelo para asignaturas similares en Centros como el Rensselaer Polytechnic Institute, el Worcester Polytechnic Institute, y la Universidad de Maryland.

Aunque estrictamente no constituya docencia, interesa señalar que Martínez Sánchez dirigió 93 Tesis de grado Master, 32 Tesis doctorales, y 4 Tesis de grado *Bachelor*. Esto se manifiesta en que, a lo largo de muchos años, supervisaba, año tras año, una media de 10-12 estudiantes realizando tesis. La intensa actividad simultánea en investigación y docencia es particularmente característica de MIT. Investigación y docencia en ciencia e ingeniería estuvieron ausentes de las universidades durante los críticos siglos XVI al XVIII. Galileo en Padua y Newton en Cambridge enseñaban Matemáticas, un saber de la Grecia antigua. La primera universidad que combinó investigación y docencia por líderes en investigación fue la École Poytechnique, fundada en París en 1794. Su ejemplo impactó en Alemania pero no en Oxford ó Cambridge.

Y no en EE.UU. Mediado el XIX se encuentran científicos singulares como Joseph Henry en Princeton y Louis Agassiz en Harvard, pero en general los estudios de ciencias eran poco respetados por profesores y estudiantes; sólo abarcaban 3 años para el grado *Bachelor*, y el nivel de admisión era bajo. En Yale, a los estudiantes de ciencias no les era permitido "*to sit with regular students in chapel*"… Sí hubo cambios importantes en el último tercio del siglo. En los años 60 se fundó en Boston MIT, que revolucionó la docencia en ingeniería; en

1876, en Baltimore, la primera Universidad, *Johns Hopkins*, con énfasis en investigación y docencia de postgrado; y en 1892 la Universidad de Chicago, cuyo primer presidente, William Harper, anunció que la promoción del profesorado se basaría en el trabajo de investigación. Pero el investigador americano necesitó durante largo tiempo completar su formación en estancias en Europa, en particular en Alemania; todavía era así en 1930, y fue la rápida finalización de la 2ª Guerra Mundial, tras los episodios de Hiroshima y Nagasaki, lo que resultó en un incremento explosivo en financiación federal de la investigación.

Hubo picos espectaculares, como en el período 1958-63, tras el *Sputnik* soviético, seguidos de substanciales reducciones, como a mitad de los años 60 y en los 70: en 1966 el Presidente Johnson había pedido a la comunidad en investigación biomédica básica resultados útiles para la sociedad. Sea como fuere la docencia es lo que justifica a un profesor en EE.UU. MIT paga a un profesor como Manuel Martínez Sánchez sólo por enseñar; se le paga el año académico, 9 meses de agosto a mayo. Eso es así en una gran universidad como MIT y en una pequeña universidad pública de California; es así ahora y era así en los años 60 del pasado siglo; y ciertamente era así en el s. XIX. Pero ser profesor tiene ventajas. Alcanzado el rango de *Associate*, recibe *tenure*, un compromiso de trabajo por vida, una muy *rara avis* en los EE.UU., donde estrictamente no existe el funcionario vitalicio. Por otra parte, puede trabajar de consultor durante el año académico hasta un 20% del tiempo, y completar su sueldo académico con un 'sueldo de verano' de hasta 3/9 de aquel, si obtiene contratos de investigación que prestigian a su Universidad, la mantienen económicamente en la frontera del conocimiento, y permiten atraer a los mejores profesores y estudiantes. ¿Y por qué enseñar? Quizá para descansar del esfuerzo por entender, e inventar ó descubrir algo. Y para distanciarse de ciertos aspectos del trabajo de investigación: búsqueda de notoriedad, publicación apresurada de resultados… Y para explicar, porque en ocasiones el profesor aprende. Cuando un estudiante brillante le pregunta por la relevancia de parte de cierta materia para apreciar mecanismos de la Naturaleza, le puede abrir los ojos a nuevos estudios.

En una universidad americana un investigador no profesor es un ciudadano de segunda. Quizá realice investigación aceptable, pero su posición es frágil y se la reconsidera regularmente en lo que se llama *Rolling tenure*. El caso de investigadores en grandes centros asociados a universidades puede ser particularmente dramático. Hace sólo meses el *US Department of Energy* retiró la financiación a un Centro asociado a MIT, el *Plasma Science and Fusion Center*, que alojaba *Alcator*, una de las 3 máquinas *Tokamak* de EE.UU., donde se persigue la Fusión Termonuclear por Confinamiento Magnético; técnicos e investigadores quedan sin trabajo. Hace 2 años NASA se retiró de la misión *EJSM* a Júpiter, que llevaría una nave de ESA a la luna *Ganymede* y otra de NASA a la luna *Europa* (donde sí podría haber vida); quizá la misión *Juno* ya en ruta a Júpiter haya salvado a expertos en modelos de su magnetosfera y sus lunas en el *Jet Propulsion Lab* de NASA, asociado al *California Institute of Technology*. Hace 10 años hubo conmoción en el *Smithsonian Observatory*, asociado a Harvard, con el posible paso de su financiación de directa a través de la propia *Smithsonian Institution* a indirecta a través de la *National Science Foundation*;

en esa misma época ocurrió la tragedia del transbordador *Columbia* y un grupo de trabajo en Amarras espaciales que financiaba NASA colapsó en el *Harvard Smithsonian Center for Astrophysics*.

Sorprende así que en la Universidad española, en nuestra Universidad, se pueda ser profesor durante décadas, *sin dar palo al agua* en docencia, quizá dirigiendo, codirigiendo tesis. Tales investigadores podrían trabajar en el INTA, el CIEMAT, ó alguno de los múltiples Centros del Consejo de Investigaciones Científicas, donde también codirigir tesis. Me temo que allí el trabajo no sea como el de un profesor de universidad que no enseña: sin clases, sin su preparación, coordinación con colegas, tutorías, exámenes, su corrección…, una extrema libertad permite envidiable holgura de horas, días, meses. Se entiende que en Julio de 2012 la UPM declarase, de la docencia, que "nuestros profesores tienen el derecho y el *deber* de ejercerla".

En el presente proceso de internacionalización de universidades, profesores de MIT como Martínez Sánchez han sido pioneros. Por ejemplo, MIT desarrolló instrumentos "computerizados" que permiten a estudiantes realizar experimentos en sus laboratorios, digamos, desde África. Uno de los novedosos programas bilaterales, el *MISTI* (*MIT Science and Technology Initiative*) tiene por objetivo ayudar a estudiantes de MIT a conectarse internacionalmente y, recíprocamente, abrir conductos a empresas u organismos internacionales para conectar con incipientes investigadores de MIT. Martínez Sánchez fue cofundador y codirector de uno de los programas de más éxito del MISTI, el MIT-Spain. Gracias en parte a sus labores de embajador y apoyo, MIT-Spain alcanza un alto número de estancias de estudiantes de MIT en universidades y compañías españolas por períodos de 3 a 6 meses.

Por otra parte, el Profesor Martínez Sánchez ha realizado una notable labor de conexión académica internacional, particularmente con España. Como miembro del Comité de Grado *Bachelor* fue responsable de establecer acuerdos de intercambio de estudiantes de grado entre su Departamento y varios Centros europeos de excelencia, incluyendo *Supaero*, el *Imperial College*, y muy en particular, ETSIA-UPM. En 1993 Manuel Martínez Sánchez, juntamente con el entonces director de la ETSIA, Pascual Tarín, fue impulsor, negociador, redactor y administrador del único acuerdo entre un Departamento de MIT y la UPM para el intercambio de estudiantes de grado. El acuerdo contempla el intercambio paritario de estudiantes de grado durante 1 ó 2 semestres. Un elemento central para la efectividad del acuerdo es el pago de derechos académicos en la universidad de origen.

La interacción de Martínez Sánchez con España, iniciada en una estancia sabática con el Profesor Amable Liñán en 1989, tiene su personal carácter dual. Por una parte dio lugar a colaboraciones en investigación con los Profesores Francisco Higuera, en Mecánica de Fluidos, y Eduardo Ahedo, en Matemáticas, muy intensamente en estudios sobre motores Hall. Por otra parte, desde 2004 y en una serie de estancias cortas culminadas con un semestre sabático en 2007, Martínez Sánchez diseñó el currículo del nuevo grado en Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Politécnica de Cataluña, y desarrolló y enseñó

Propulsión y Propulsión Espacial. In 2008, 2009, y 2010, como profesor invitado, participó en la enseñanza de esta última por videoconferencia desde MIT. En el pasado curso, Martínez Sánchez fue invitado a formar parte del comité de la Universidad Carlos III de Madrid para el diseño de grados Master y Doctorado en Ingeniería Aeroespacial. En 2012, se le nombró allí para una nueva "Cátedra de Excelencia", y ha estado colaborando en diseñar el currículo para su Programa Aeroespacial, y enseñando este Otoño una de las nuevas asignaturas, Propulsión por Cohete. En la primavera de 2014, estará desarrollando una nueva asignatura para la Universidad Nacional de Singapur, donde enseñaría en el Otoño.

El Profesor Martínez Sánchez, que vive y trabaja desde hace medio siglo en los Estados Unidos, no es ciudadano de ese país. Sorprendentemente, nunca solicitó serlo. Podemos imaginar que perdió oportunidades de progreso académico y económico durante décadas de Guerra Fría y Carrera Espacial, en un Centro como MIT, en un Departamento de Aeronáutica y Astronáutica, con particular especialización en Propulsión Espacial. Todo ello en un país, como EE.UU., generoso por historia en la concesión de ciudadanía. Un ejemplo comparativo: Conozco a alguien que nació en Suecia, en Upsala, de padres extranjeros, y no tiene ciudadanía sueca. Por el contrario, conozco a alguien que nació en Princeton, New Jersey, de padres extranjeros, y tiene ciudadanía, *ab initio*, en todo el territorio de la Unión norteamericana.

Me temo, sin embargo, que es algo más difícil salirse de esa Unión, llevándose territorio de con-ciudadanía. Abraham Lincoln inició su primera presidencia el 4 de Marzo de 1861. Conozco bien la fecha porque yo nací al cabo de exactamente 80 años… menos 1 día, y lamento esa prisa en nacer. Se había ya producido la secesión de 7 Estados. En su Discurso Inaugural, en las escaleras del Capitolio entonces en construcción, Lincoln incluyó cierta Declaración, 14 palabras. Su traducción, y adaptación en el presente, al *román paladino* de Gonzalo de Berceo, serían 13 palabras: "Ninguna Comunidad Autónoma, por sí y ante sí, puede legalmente irse de España"… llevándose, de ciudadanos, territorio.

Es todo.

Madrid, Octubre 16, 2013 Juan R. Sanmartín