

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS AERONÁUTICOS**



ACTO ACADÉMICO DE FIN DE CURSO

Lección Magistral pronunciada por el
PROFESOR JUAN DE BURGOS ROMÁN

9 de Diciembre de 1995
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AERONÁUTICOS**

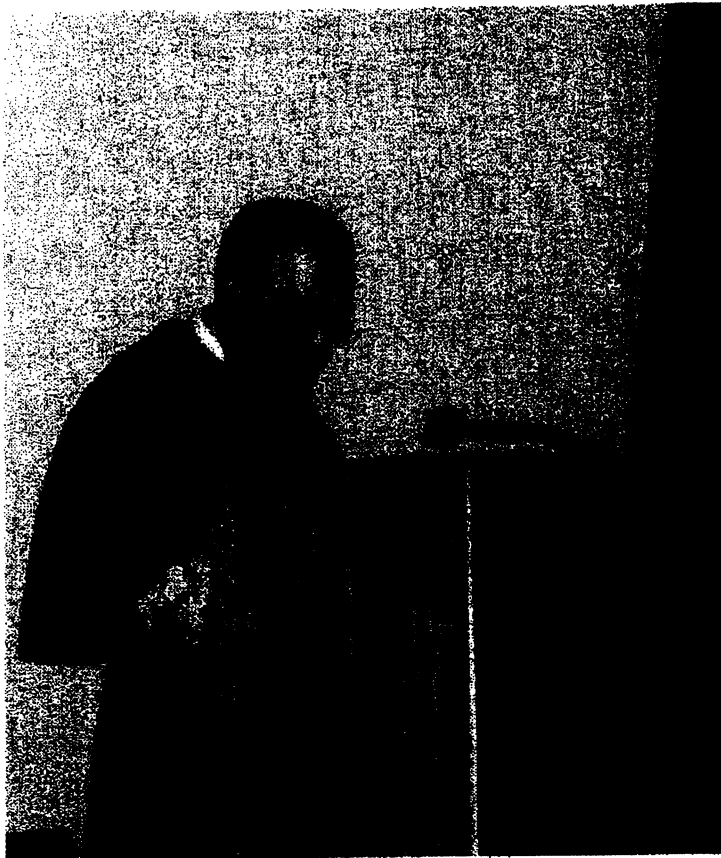
**ACTO ACADÉMICO
DE FIN DE CURSO 1994/95**



Madrid, 9 de Diciembre de 1995

LECCIÓN MAGISTRAL

*Pronunciada por
el Profesor Juan de Burgos Román
en el Acto de entrega de Diplomas a los titulados
en el Curso Académico 1994/95*

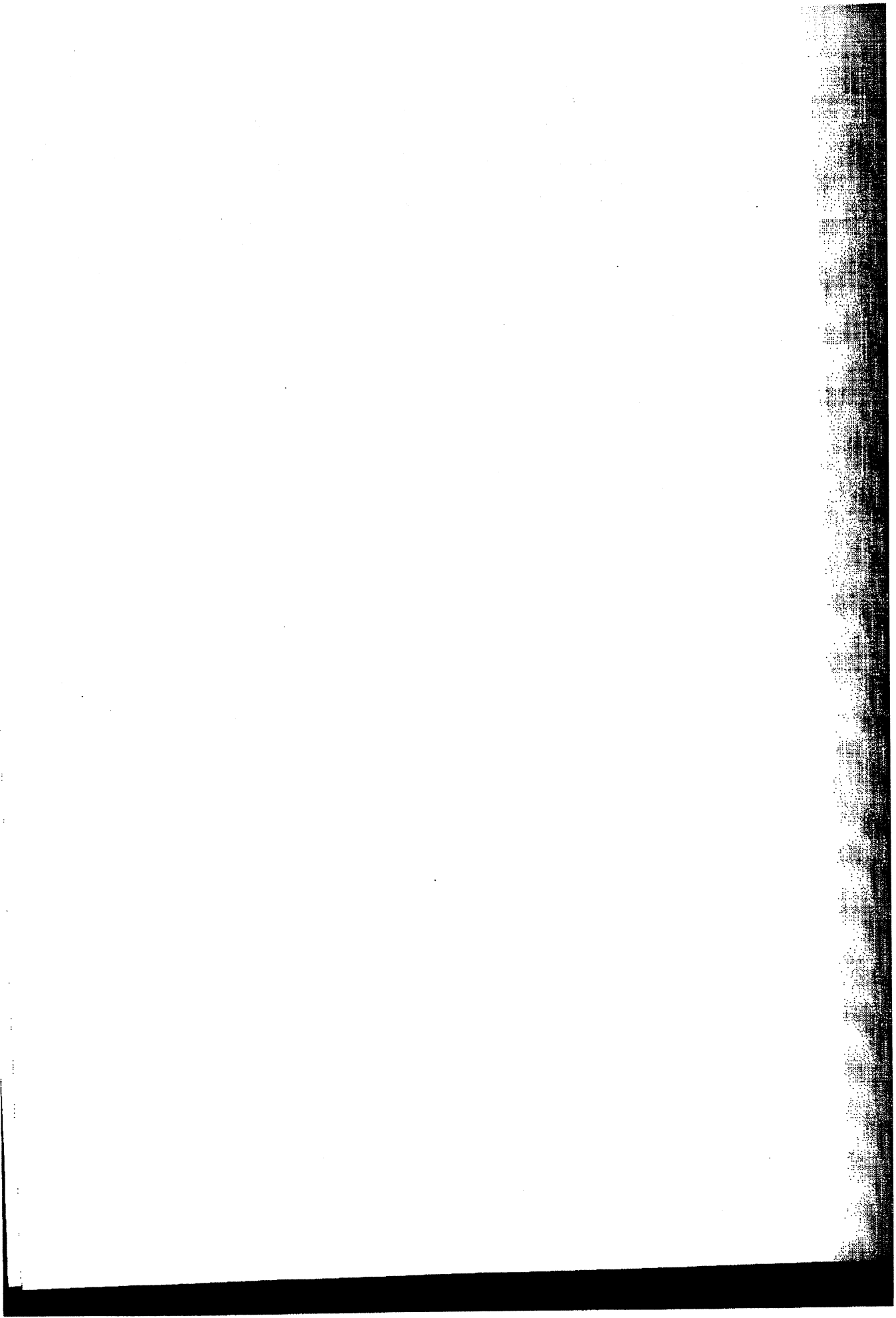


*El Director de la E.T.S.I. Aeronáuticos,
Profesor Pascual Tarín Remohí,
formando parte del Discurso que pronunció
durante el Acto Académico,
hizo la presentación del Profesor Juan de Burgos,
en los siguientes términos:*

«Me permito resaltar la presencia del Profesor Juan de Burgos (uno de los profesores decanos de esta Escuela), para agradecerle especialmente que haya accedido a impartir una lección más en este acto que citaremos después como de fin y de principio.

El Profesor Burgos no necesita presentación a alumnos, ni creo que a sus familias. Cualquier presentación que se hiciera de él, terminaría coincidiendo en reconocer su profesionalidad, su buen hacer, su vocación y larga dedicación a la docencia, su gran capacidad docente, su enorme entrega, su continua y conscientemente elevada autoexigencia y, en consecuencia, su justa exigencia a los demás, ya sean alumnos o colegas, y todo ello compatible con su bonhomía... su maestría en suma.

A muchos de los presentes les dio la primera clase en esta Escuela y tal sea ésta, para ellos, la última lección. Para otros, entre los que me incluyo, no es la primera y esperamos que no sea la última. Para todos, estoy seguro, una lección tal vez especial y diferente de otras, pero magistral como está anunciada».



A QUIENES HOY SE TRANSMUTAN EN INGENIEROS AERONÁUTICOS

EXCELENTÍSIMO RECTOR MAGNÍFICO,
SEÑORAS Y SEÑORES

PRELUDIO

A no dudar, hay aquí hoy, en este acto académico, unos protagonistas indiscutibles, unos personajes principales; me refiero, obviamente, a quienes acaban de sufrir esa singular y jubilosa metamorfosis que, anualmente, transmuta alumnos en ingenieros. Así pues, estas palabras van dirigidas, fundamentalmente, a ellos, a los que, repito, hace un rato eran avezados estudiantes y ahora, aunque bisoños, son ya ingenieros aeronáuticos, como podrán, en breve, acreditar documentalmente; tiempo habrá para probarlo con hechos, que esa sí que será probatura contundente. No piense, empero, el resto de los presentes que queda aquí olvidado, que no es así, pues, si lo que diga es de provecho para aquéllos, como espero, bien que lo será entonces para todos.

Cuando Vds., los que ayer dejaron de ser escolares de esta institución, acuden aquí gozosos a oír cómo el Claustro de Profesores, en presencia del Rector Magnífico de nuestra Universidad y por boca de su Director, les dice, en voz alta y delante de deudos y amigos, que el

largo y trabajoso caminar que iniciaron hace años ha concluido con éxito, que han llegado ya a la meta de su carrera, cuando esperan que esta corporación proclame a los cuatro vientos y de modo solemne, que cada uno de Vds. es, desde hoy y con todo merecimiento, ingeniero aeronáutico y por tal debe ser tenido por cuantos en este mundo somos, entonces, digo, ven, con sorpresa al menos y quizá con disgusto, que vengo aquí muy dispuesto a endilgarles una clase, una más. Muchos se preguntarán si no fueron bastantes las más de cuatro mil horas de clase con las que ya se les obsequió y, posiblemente, más de uno llegue a temer que también se les quiera examinar ahora.

Lamento, muy de veras, ser yo el que ha de ejecutar ésta, espero que última, agresión docente que sufren Vds., al menos por ahora. No soy, sin embargo, su instigador; este honor le corresponde a nuestro muy ilustre Director que, alegando respeto por las tradiciones y en un evidente acceso de sadismo, me ha arrastrado a perpetrar este acto protervo. He de decir, en descargo de nuestra autoridad, que al hacerme esta encomienda, dispuso que usase de misericordia con Vds., que ésta debía ser una lección menos maciza y consistente de lo que, al decir de algunos, se estila en esta Escuela. También debo añadir, agradecido, que me indicó la conveniencia de que, a tal fin, acudiera al contenido de los manuscritos, que no ha mucho se han descubierto, de Gudor Ben Jusá, un insólito personaje de la Toledo del siglo XIII, que relatan singulares hechos, acaecidos en épocas remotas, en los que las gentes acuden a la matemática para resolver y explicar los asuntos que les preocupan; debo reconocer que me complace grandemente el atender a este mandamiento de nuestro Director, cosa que a Vds. no les debe extrañar pues, por mi inclinación a difundir los tales manuscritos, andan llamándome por ahí el «cuentacuentos» (bendito mote, que me alivia de otros muchos, más nocivos e indeseables).

De entre los sucesos que Gudor Ben Jusá relata en sus manuscritos, he seleccionado dos, que están entreverados de «Cálculo Infinitesimal», uno, y de «Algebra Lineal», el otro, asignaturas en las que Vds., los que ahora se licencian, hubieron de sufrirme en mayor o menor medida cuando aquí llegaron. A lo que me parece, dichos relatos le cuadran

bien a este acto de hoy pues, a más de manejar conceptos poco intrincados, cosa que, de seguro, todos los presentes han de agradecer, acontece que de ellos es fácil extraer sendas moralejas o enseñanzas que vienen aquí como anillo al dedo.

PRIMER ACAECIMIENTO

LA GENIAL BOTELLA DE ENCERRAR GENIOS^(*)

En Sojel Ek-yuh, un lejanísimo país, había hecho aparición uno de aquellos afamados genios de antaño, llamado Alumek'oj; que, con notable inclinación al mal, cometía todo tipo de atropellos, mofándose de las gentes y haciendo la vida imposible a cuantos encontraba en su camino. Un día, unos campesinos descubrieron, casualmente, que Alumek'oj, el genio, se retiraba, a reposar y tomar fuerzas, introduciéndose, ¡no se lo van a creer!, en el interior de una botella; los campesinos observaron, atónitos, cómo el genio parecía convertirse en humo y, cual si desde el interior se le succionara, iba entrando en ella hasta desaparecer del todo. Entonces, los lugareños taparon rápidamente la botella para, así, librarse de él, dejándole dentro; en aquel momento se oyeron unas sonoras risotadas, parecía como si, al genio, la cosa le hubiera hecho mucha gracia. Antes de que pudieran reaccionar, vieron cómo, a través de las paredes de la botella, salían pequeñas humaredas, como si rezumase una tenue niebla, como si sudase humo. Esta emanación fue tomando forma y, a poco, terminó transformándose en Alumek'oj, el cual arremetió entonces contra ellos, atizándoles tan soberana paliza que no pudieron moverse durante muchos días.

Los moradores de la región, para librarse del genio, acudieron en demanda de auxilio a Zagás-Yum, un gran mago que tenía muy nota-

(*) Los manuscritos de Gudor Ben Jusá están escritos al revés, de derecha a izquierda. Al transcribirlos a nuestra lengua, los nombres de personas y lugares se han escrito como allí, pero bien podría ocurrir que hubiera que leerlos también al revés de como aquí están escritos.

bles poderes ocultos. Zagas-Yum les escuchó atentamente, interesándose por el modo que utilizó Alumek'oj para salir de la botella a través de sus paredes. Como el vidrio del que estaba hecha era un vidrio normal, el mago Zagas-Yum dedujo dos cosas: primera, que el genio tenía la facultad de deshacerse, desvanecerse, descomponerse (y luego volverse a componer) en briznas o partículas mucho más diminutas de lo que nos es familiar; y, segunda, que los materiales que, como el vidrio, se tenían por impenetrables, no lo son del todo pues, aunque no dejan pasar los líquidos a su través, sí permiten que lo hagan los genios, debidamente atomizados. Resulta, pues, que los materiales, aun los más herméticos, están plagados de agujerillos diminutos, de minúsculos poros, de orificios chiquirritines.

Zagas-Yum cayó, entonces, en la cuenta de que eso es lo que ocurre con una recta en la que sólo estuvieran los puntos racionales; siendo éstos muchos, muchísimos y estando muy apiñados, muy juntos los unos a los otros, quedan, no obstante, muchos, muchísimos, puntos que no son racionales, de modo que la recta racional, al igual que el vidrio de la botella del genio, está plagada de agujerillos diminutos, de minúsculos poros, de orificios chiquirritines. Zagas-Yum recordó que estos agujerillos, poros u orificios que quedan entre los puntos racionales son lo que las gentes que estudian estas cosas han dado en llamar puntos irracionales. Si se dispone de una recta racional (o sea, con sólo puntos racionales) y de una recta irracional (esto es, con sólo puntos irracionales) y se las superpone adecuadamente, éstas llegan a encajar, la una en la otra, formándose así una sola recta completa, que se llama recta real, que no tiene ni un solo poro.

Dándole vueltas a todo ello, Zagas-Yum tuvo una idea: voy a construir, se dijo, una botella de igual apariencia que la de Alumek'oj, pero hecha de un vidrio que no tenga sus pequeños y numerosísimos poros. Para lo cual pensó en fabricar dos láminas: una de ellas de vidrio ordinario, que llamó vidrio racional por analogía con la recta racional; la otra lámina, que llamó lámina irracional por similitud con la recta irracional, debiera tener vidrio en donde la primera tenía poros y recíprocamente. Se encerró durante largos días en su laboratorio y, a fuerza

del mucho pensar y ensayar, al fin, obtuvo las dos láminas; puso una sobre otra, convenientemente enfrentadas, y presionando levemente las incrustó, haciéndolas encajar perfectamente, de modo que parecían una sola. Había logrado hacer el vidrio sin poros, al que llamó vidrio real. Con él, se construyó una botella de las mismas hechuras que la del genio y, luego, se dio el cambiazo, poniendo aquélla en el lugar de ésta.

El resto de cuanto aconteció, coincide ya con la leyenda de todos conocida: a Alumek'oj le taparon la botella sin poros cuando él descansaba en su interior, quedando encerrado en ella y allí sigue, pues la sepultaron muy muy a lo hondo en un lugar recóndito y desconocido del desierto Adadus Narg.

MORALEJA DEL PRIMER ACAECIMIENTO

Retrocedan Vds. a su infancia, a cuando asistían a la escuela primaria, y recuerden que, siempre que su maestro les proponía un ejercicio en el que había que echar cuentas, se alzaba alguna voz que preguntaba algo como esto: el problema ¿de qué es?, ¿es de sumar o de multiplicar? En aquellas épocas se les decía, por ejemplo, «vamos a hacer problemas de grifos» (o de relojes). Mañana, cuando se pongan a trabajar como ingenieros, nadie les va a decir «de qué» son los problemas que han de atajar. A pesar de que a todos Vds. ha de parecerles que esto es una obviedad, no está de más que hablemos de ello.

Piensen que el problema de Zagas-Yum, cuando hubo de vérselas con el genio de la botella, no es ni más extraño ni más sorprendente que los problemas que Vds. habrán de resolver, si es que llegan a ejercer realmente la ingeniería. Así como nadie le dijo a Zagas-Yum que aquello de librarse del genio de la botella era un «problema de números reales», de igual modo, nadie les va a decir a Vds. de cuales de sus saberes han de echar mano para superar las dificultades con las que se encontraran en el ejercicio de su profesión. Convézanse de que un buen ingeniero se diferencia de un ingeniero mediocre, no sólo en lo mejor o peor que domine su ciencia, sino también, y en gran medida,

en su habilidad para solventar las cuestiones que se le planteen en su vida profesional. Un buen ingeniero no es tanto una persona de grandes saberes como alguien muy capaz de resolver problemas, de superar situaciones difíciles. Un buen ingeniero dominará el arte de usar de lo que sabe para resolver lo que desconoce.

SEGUNDO ACAECIMIENTO

LOS INQUIETANTES DESAFUEROS DEL APRENDIZ DE BRUJO

Entre los escritos jeroglíficos hallados en la Atnip-asol, que contienen las historias, usos y costumbres del antiquísimo pueblo de los Setéleuba, hay uno tan fantástico que resulta poco menos que increíble. En él se habla de un personaje, llamado Ojurb-Ixám, que tenía poder para alterar cuanto le rodeaba (las cosas, los problemas, las situaciones, los procesos) y ello de manera que, manteniendo su esencia, pasaban a ser más sencillos, perdían complejidad; cuando intervenía Ojurb-Ixám, lo enmarañado y retorcido se tornaba en simple y liso.

Ojurb-Ixám tenía un hijo, llamado Ojurb-Iním, el cual se pasaba las horas muertas imitando a su padre tratando, con ello, de adquirir las habilidades de éste. El niño Ojurb-Iním, que había oído hablar de los procesos lineales, tenía entendido que ellos eran los más simples de entre todos los procesos^(*), por lo que pensó que, con los poderes de su padre, se podría conseguir que las transformaciones, los cambios, y todo tipo de fenómenos que acontecieran a su alrededor, que generalmente no se desarrollaban de modo lineal, se podrían convertir en lineales. A Ojurb-Ixám le gustó la iniciativa de su hijo y se aprestó a ayudarlo, pero tuvo miedo de que, si le transmitía poderes reales, llegara a hacer algún disparate, por lo que optó por prepararle un juguete

(*) En estos procesos, si la causa se duplica o triplica, por ejemplo, entonces se duplica o triplica el efecto y, al sumar las causas, se suman los efectos.

mágico, al que llamó «espejo linealizador», con el que podría entretenerse, ensayando a su antojo, sin correr riesgos, sin ocasionar daño alguno. La magia del espejo consistía en que, torsionándole hábilmente, de modo idóneo, se podía conseguir que lo que en él se reflejaba pudiera llegar a ser la imagen linealizada de lo que se le ponía delante. Ojurb-Ixám adiestró a su hijo en el manejo del «espejo linealizador»; a poco, Ojurb-Iním había ya adquirido gran pericia en ello y, contento, se dedicó entonces a experimentar con él.

En su primer ensayo, puso delante del espejo las cosas del comprar y del vender. Tomó aquel y le arqueó, pandeó y deformó del modo que le había enseñado su padre y, entonces, obtuvo una imagen en la que, al vender una mercancía, el dinero que se obtenía era siempre proporcional a la cantidad que de ella se despachaba; allí no se permitían descuentos. Aquello produjo muchas quejas entre los mercaderes; éstos argumentaban que, a un vendedor, le era mucho más costoso, pongamos por caso, hacer cien pequeñas ventas de un celemín de trigo, cada una, que realizar una sola venta de cien celemines de trigo y, a pesar de ello, en uno y otro supuesto, obtenían la misma ganancia. Ojurb-Iním se extrañó mucho de que, en lugar de estarle agradecidos por la simplificación que había introducido al linealizar los precios de las cosas, los comerciantes se enfadaran por ello. Ojurb-Ixám hubo de explicar a su hijo que lo que las gentes consideran justo y conveniente no era, por lo general, lo más sencillo, sino lo más razonable y comúnmente aceptado.

La segunda linealización que realizó Ojurb-Iním, con su espejo prodigioso, fue la de la altura de las personas respecto de su edad. Una vez que hubo manipulado convenientemente el «espejo linealizador», vio horrorizado que, en él, las personas eran desmesuradamente altas, tan altas que no podían mantenerse en pie y avanzaban penosamente, arrastrándose por los suelos. Bien pensado, la cosa no podía ser de otro modo ya que, como un niño de un año suele medir algo más de 70 cm, si la talla variaba ahora linealmente con la edad, debía resultar que: la talla de un adulto de 40 años sería mayor que $0.7 \times 40 = 28$ metros; y que la talla de un anciano de 90 años sería mayor que $0.7 \times 90 =$

= 63 metros. A la vista de estos resultados, Ojurb-Iním retornó el espejo a su estado inicial e hizo desaparecer las imágenes dantescas que se veían en él. Ojurb-Iním no se explicaba lo que acababa de ocurrir, ya que siempre que su padre linealizaba un problema, el resultado que se obtenía era algo muy cercano a la realidad. Ojurb-Ixám le explicó lo que ocurría: le dijo que las linealizaciones que él, el padre, hacía eran linealizaciones locales, y no totales o globales como la que se acababa de realizar con las tallas de las personas; en las linealizaciones locales sólo se altera la realidad, levemente, en una pequeña zona alrededor del lugar que se desea analizar.

Por tercera vez se puso Ojurb-Iním a manipular el espejo para conseguir una nueva linealización. Cuando estaba en ello, afanándose por combarle del modo preciso, el «espejo linealizador» se rompió en mil pedazos. Ojurb-Iním se sorprendió mucho y fue a contarle a su padre lo que había ocurrido. La rotura se había producido al intentar linealizar, en el espejo, la variación del área de un círculo respecto de su radio; es decir, cuando se pretendía conseguir que, si el radio se duplicaba o triplicaba, pongamos por caso, aconteciese entonces que su área también se duplicaba o triplicaba, respectivamente. Ojurb-Ixám, poniéndose serio, le dijo que, por muy mágico que fuera el espejo, había cosas que no se podían hacer con él. Le hizo notar que el área variaba con el cuadrado del radio ($\text{Area} = \pi r^2$), lo que impedía que se pudiera hacerla depender linealmente del radio.

MORALEJA DEL SEGUNDO ACAECIMIENTO

Supongan Vds. que ponen en mis manos un arma, de las de verdad, y que yo estoy muy acostumbrado a manejar sólo armas virtuales, de las de mentira, con las que sé jugar con gran desenvoltura. Todos estarán, entonces, de acuerdo en que debo extremar los cuidados para no cometer imprudencias, en que antes de disparar he de conocer, con gran precisión, las consecuencias que de ello pudieran derivarse. El título que Vds. acaban de alcanzar es un arma real, no es de juguete, no es el «espejo linealizador» de Ojurb-Iním, son los poderes reales de

Ojurb-Ixám, de los que, si se usa mal, se derivarán consecuencias tan funestas, si no más, como las que provocó el aprendiz de brujo de nuestro cuento, por no conocer debidamente su herramienta de trabajo. El sabio sabe de su ignorancia y, por ello, es prudente en su proceder. Sin embargo el ignorante cree, por lo común, conocer lo que desconoce y corre, pues, el grave riesgo de desbarrar, de comportarse disparatadamente, cosa que mucho hacen, encima, con no poca arrogancia. Ojalá que de ustedes nunca se puedan decir tales cosas.

Y, A MODO DE COLOFÓN, UNA SÚPLICA

Ya para acabar, permítanme que les haga un ruego, un ruego muy encarecido: Hagan todo lo posible por evitar que el título de ingeniero aeronáutico se les suba a la cabeza. Sepan que, con el título en el bolsillo, no son hoy más, ni un ápice más, de lo que eran ayer, sin él. Pido al cielo que, cuando pasen los años, no se le pueda aplicar a ninguno de Vds. aquel dicho popular según el cual: «El que nunca ha sido 'cosa' y al fin 'cosa' le hacen, cuando ya es aquella 'cosa', ¡caray! las cosas que hace».

En la villa de Madrid, a 9 de Diciembre de 1995,
la víspera de la festividad de Ntra. Sra. de Loreto

Juan de Burgos Román
Catedrático de Matemática Aplicada