

# ZWEEEF

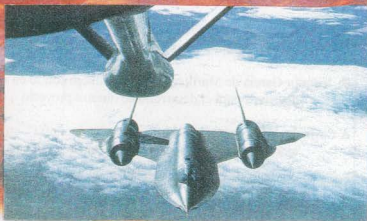
Revista de Estudiantes de Ingeniería Aeronáutica

## VISITA A LA MUÑOZA



## LA POPULARIZACIÓN DEL AUTOMÓVIL: EL FORD T

## GPS



## SR-71: EL PÁJARO NEGRO

## ZWEEF

REDACCIÓN

### Director:

Mario Vicente  
Camacho Rivas

### Subdirector:

Francisco Javier  
Perez Martinez

### Redactores:

José Miguel Angulo Manso  
Manuel Cabezas Carbonell  
Carmen Cabrera Cortés  
Mireya Durán Tenreiro

### PARA CONTACTAR CON NOSOTROS

Escribenos una carta. No  
olvides poner tu nombre  
completo, dirección y un  
teléfono de contacto.

### ASOCIACIÓN ECLIPSE

E.T.S.I.A.  
Ciudad Universitaria  
Pza. Cardenal Cisneros  
nº3  
28040 MADRID

# SUMARIO

Editorial	1
Renacimiento de los Motores Diesel para aplicaciones aeronáuticas	2
La Calidad Total, un reto de los 90'	8
¿ Por qué vuela un avión ?	12
Visita a la Muñoza	19
La popularización del automóvil con el Modelo T	23
GPS	26
Lockheed SR-71: El pájaro negro	32
Técnicas de búsqueda de empleo	37
Noticias	40

### AGRADECIMIENTOS

Ante todo, gracias a Alfredo Sanz Lobera. Sin tu interés y apoyo constante esta revista no habría nacido. Ahora podrás dejar de soñar con Eclipse. Eres un tío legal.

D. Joaquín García de Martitegui, quien primero confió en nosotros, cuya aportación y consejos han sido decisivos para el desarrollo de nuestro proyecto. ¡ Ojalá hubiera más gente como tú !

A Carmela, que a pesar de haber perdido "la memoria", en ningún momento nos negó su ayuda. Y a todo el equipo del Centro de Cálculo que tan pacientemente nos ha soportado.

Por sus "consejos de indudable calidad", a D. Ramón Martín Martín.

Por escucharnos, que no es poco, y apoyar nuestras peticiones, a D. Ignacio Ferrero Corral.

No podemos olvidar la decisiva contribución de D. Pascual Tarín y D. José Luis Espino.

Ni la confianza puesta en nosotros por la Cátedra de Motores.

De unos "periodistas" a una PERIODISTA. Gracias Rosa.

Por último, a Patrick Dumon. Si queréis conocer el significado de nuestro nombre, contactad con él.

## ¡DESPEGAMOS!

**B**ienvenidos. Gracias por compartir con nosotros esta nueva y emocionante aventura. A todos aquellos que esperabais la oportunidad de hacer algo diferente, que buscabais un pretexto para demostrar de lo que sois capaces, os brindamos ahora una ocasión atractiva y diferente.

Ya que nos presentamos por primera vez ante todos vosotros, este primer editorial se os ofrece como una exposición de motivos, una declaración de intenciones, y una oferta de futuro.

¿ Por qué una revista aeronáutica y por qué ahora ? No hace falta ser un gran observador para comprobar la triste realidad que vive nuestra escuela desde hace varios años en lo que a las actividades estudiantiles se refiere. Pensamos que ha llegado el momento de cambiar. Y queremos que esta revista constituya un primer paso. Crear expectativas en aquellos que aún no habéis colaborado en ningún proyecto similar a éste es fácil. Pero devolver la ilusión a los que habéis tenido alguna experiencia desalentadora con asociaciones o similares resulta más difícil. A todos vosotros, que sois al fin y al cabo los que tenéis que ayudarnos a convertir esta revista en algo más que un proyecto, os exponemos nuestros principios e ideas:

Queremos que la revista tenga un contenido técnico suficiente, pero no abrumador. Los artículos a publicar deben tener un carácter divulgativo y ameno. Procuraremos abordar las explicaciones de todas aquellas cosas que siempre quisisteis conocer y nunca os atrevisteis a preguntar, o de aquellos temas que siempre son dejados de lado en clase por falta de tiempo y que más os interesan. La exigencia será siempre la misma: contenidos rigurosos y explicaciones claras, porque ser ingeniero no supone descifrar el significado de frases intrincadas.

Muchos de vosotros habréis pasado ya a estas alturas más de un apuro a la hora de contestar a las preguntas de los amigos. Somos estudiantes de una de las carreras más innovadoras, de historia más reciente y apasionante, y de más prometedor futuro. Pero apenas podemos distinguir un avión de otro, ni contar una sola anécdota interesante cuando nos toca el turno en una reunión. A través de artículos de contenido histórico, y de recopilaciones de anécdotas y comentarios esperamos contribuir a cambiar ésta situación.

No podemos dejar de lado las últimas innovaciones. Porque no solo de aviones vive el hombre.

Ningún avión vuela hoy en día sin el concurso de los ordenadores. Desde el tablero de diseño hasta la maniobra en vuelo, todas las fases del desarrollo, fabricación y uso de un avión necesitan de la más avanzada tecnología que la ciencia moderna puede ofrecernos. Acercarnos no solo a los últimos desarrollos y avances en aeronáutica, sino también a los progresos que en el resto de los campos industriales son posibles gracias a los descubrimientos que día a día llevan a cabo ingenieros como nosotros será otro de nuestros grandes desafíos.

Queremos conocer mejor la profesión por dentro, el trabajo diario de aquellos que hoy desempeñan su labor en el campo de la industria, el ejército o la docencia por medio de entrevistas que nos acerquen a la persona que hay detrás del personaje.

Esta debe ser una tribuna pública para todos aquellos que queráis expresar vuestra opiniones. En cada número intentaremos acercarnos a un problema que se haya planteado en la escuela. Criticar es importante. Hacerlo de forma razonada y constructiva aún más. Pero es aún mejor proponer soluciones, ideas que puedan contribuir a la resolución del problema. Y no todo debe quedar en letra impresa. Esperamos sacar adelante un foro de debate para plantear nuestras inquietudes ante aquellos que pueden hacer algo por solucionarlas. Becas, prácticas, masificación,.... Son pocos los problemas que "disfrutamos en exclusiva" frente a otros estudiantes universitarios. Las soluciones propuestas aquí tal vez sean válidas para otros centros en similares circunstancias.

Pon en éste último punto todo aquello que creas importante ver reflejado. Ten por seguro que tus ideas no caerán en saco roto. Aún cuando no tengan relación directa con la revista, si no encuentras el modo de llevarlas adelante, pasa por nuestra asociación y habla con nosotros. Porque estamos aquí para ayudaros en la medida de lo posible.

Esta despedida es una invitación a que colaboréis con nosotros. Tres números al año, cuatro meses para elaborar vuestro artículo, vuestro reportaje, para comunicarnos las actividades previstas por vuestra asociación, para, en resumen, confeccionar todos juntos esta revista.

Mario Camacho Rivas

Director.

## RENACIMIENTO DE LOS MOTORES DIESEL PARA APLICACIONES AERONÁUTICAS

La idea de acometer el estudio y eventual desarrollo de un pequeño motor policombustible arranca en la inexistencia de plantas de potencia adecuadas para propulsar la familia de vehículos aéreos no tripulados que forman parte del Programa S.I.V.A. (Sistema Integrado de Vigilancia Aérea), que el INTA lleva a cabo en la actualidad.

E. Varela, R. Pérez, E. Navarro, J.R. Arias

CÁTEDRA DE MOTORES ALTERNATIVOS

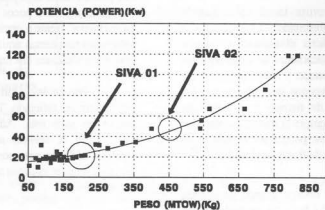
El primer elemento de este desarrollo, con un peso total al despegue cercano a los 230 Kg. (Figura 1.1), requeriría un motor del orden de los 25 kW de potencia. Las actuaciones requeridas a este vehículo permiten equiparlo con motores comerciales de dos tiempos de encendido por chispa, con consumos específicos del orden de 0.5-0.6 Kg/kWh y pesos específicos del orden de 0.9 Kg/kWh, renunciando a ciertas prestaciones en aras de la disponibilidad de estos motores en el mercado.

Sin embargo, la utilización de gasolina presenta inconvenientes operacionales derivados de que no es el combustible que las unidades a las que están asignados utilizan, que son gasoil (caso de unidades terrestres), JP-5 ó JP-8 (caso de unidades navales o aéreas). A esto se une el carácter altamente inflamable de la gasolina y potenciales problemas logísticos de disponibilidad. Teniendo en cuenta estos factores y el renovado interés en la implantación del concepto del

"Single Fuel", a nivel OTAN, se decidió acometer el estudio de un motor capaz de utilizar estos combustibles pesados y apto para propulsión aeronáutica.

Los motores diesel de dos tiempos sobrealimentados

### STATISTICS-SIVA JANE'S 1992



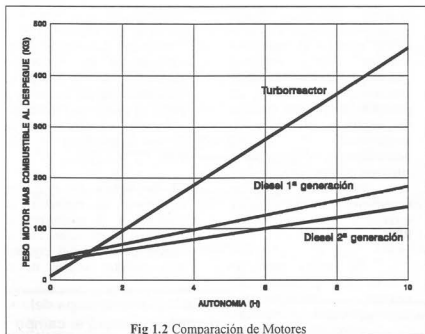
■ POTENCIA (POWER) — exp. fit pot

Fig 1.1 Estadísticas del SIVA

son realmente una alternativa a las plantas de potencia actualmente usadas en aviones no tripulados (U.A.V.), ultraligeros, aviación general y helicópteros, siempre que la potencia sea

inferior a 400 kW y la velocidad de vuelo menor de 100 m/s.

Los restantes motores con capacidad policombustible; reactores, turboejes y turbofanés, presentan, en la gama de potencias y velocidades de vuelo anteriormente citado, un elevado consumo de combustible. Esto se traduce en un valor desfavorable del peso en orden de marcha necesario para autonomías medias. La figura 1.2, evaluada con datos de [1], [2] y [3], para una potencia útil de 47 kW muestra la ventaja del motor diesel para autonomías superiores a una hora. Por otra parte, si se consideran los costes de adquisición, repuestos y personal de mantenimiento, el balance se hace muy favorable para el motor diesel. Basta citar que por estos motivos [4] el ejército de los Estados Unidos ha tomado la decisión de sustituir las turbinas de potencia inferior a 750 kW por motores diesel, excepción hecha de A.P.U. y misiles crucero.



Para un vehículo como el SIVA de segunda generación (Figura 1.1), de peso total del orden de los 500 Kg, la potencia requerida sería de 47 kW. Dado que este segmento de vehículos no tripulados está en expansión, es previsible un gran mercado en este sector siempre que el motor estuviera disponible en 1996-1997. Esta es la razón por la que se ha fijado el punto de diseño del TAURUS-TA en una potencia de 47 kW, con peso específico de 0.9 y 0.8 Kg/kW y consumos específicos del orden de 0.3 y 0.2 Kg/kWh en primera y segunda generación respectivamente.

Una ventaja adicional del motor diesel radica en la ausencia de interferencias electromagnéticas, lo cual es crítico cuando el avión es "electrónica volante", como es el caso del SIVA y sistemas similares.

La utilización del motor diesel de dos tiempos como promotores de programa y partes técnicas involucradas en el desarrollo, aspiran a llevar a buen fin el proyecto y a fomentar,

Motor	Potencia (kW)	Cilindrad (lt.)	Potencia Especifica (kW/lt.)	Peso (Kg)	Peso Especifico (Kg/kW)
Jumo 204	585	28.60	20.45	750	1.28
Jumo 205-C	456	16.62	27.44	520	1.14
Jumo 205-D	671	16.62	40.37	570	0.85
Jumo 205-	532	16.62	32.01	570	1.07
Jumo 207	760	16.62	45.73	650	0.86
Jumo 206	912	25.00	36.48	760	0.83
Jumo 208	1216	25.00	48.64	850	0.70
Jumo 223	1520	40.00	38.00	900	0.59

Tabla 1

Alemania. En la tabla 1 puede observarse la evolución de estos motores, que se verá truncada como resultado de la 2ª Guerra Mundial.

con un producto de tecnología avanzada, la cooperación científica, tecnológica e industrial entre los organismos y las empresas del sector aeroespacial, que resulte en un éxito tecnológico e industrial.

## 2. DESARROLLO DE UN MOTOR DIESEL PARA S.I.V.A.

### 2.1 OBJETIVOS DEL DESARROLLO.

Como consecuencia de la evidente necesidad de una planta de potencia de las características anteriormente expuestas, se está desarrollando

en el Departamento de Motopropulsión y Termofluidodinámica un motor de combustible pesado de 47 kW de potencia con la siguiente filosofía:

\* Alcanzar una relación peso/potencia (RPW) de 0.9 Kg/kW con un consumo específico inferior a 0.25 Kg/kWh y reducir las vibraciones transmitidas al equipo de navegación.

\* Utilizar, en la primera generación de motores, la tecnología existente en automoción. Ésto implica utilizar

### Una ventaja adicional del motor diesel radica en la ausencia de interferencias electromagnéticas

El INTA y la ETSIA, como promotores de programa y partes técnicas involucradas en el desarrollo, aspiran a llevar a buen fin el proyecto y a fomentar,

bombas de inyección e inyectores convencionales con velocidad máxima inferior a 2500 rpm, utilizar émbolos de diseño convencional y turbocompresores comercializados.

## 2.2 DISEÑO CONCEPTUAL.

En la etapa de diseño conceptual, tras estudiar diversas alternativas, se decidió que las especificaciones podían ser alcanzadas con un ciclo de dos tiempos con sobrealimentación y un sistema de barrido tipo Schnürle con 5 lumbreras de admisión, combustión en precámara de alta turbulencia y

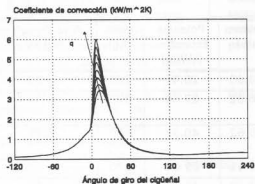


Fig. 2.1 Influencia de q

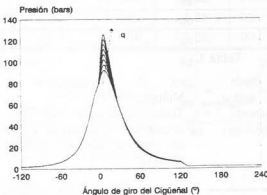


Fig. 2.2 Influencia de q

arquitectura de tres o cuatro cilindros en estrella.

Para tomar el punto de diseño adecuado, existían dos posibles estrategias; en primer lugar, para minimizar la RPW se minimizará la relación entre presión máxima de ciclo y

presión media efectiva (intimamente relacionada con la RPW), mientras se mantienen acotados los siguientes parámetros críticos: consumo específico, gradiente de presiones, temperatura máxima de émbolo y coeficiente de acoplamiento del turbocompresor. La segunda estrategia consistía en minimizar el consumo específico manteniendo acotados los parámetros anteriores más la RPW.

Se tratará pues de resolver un problema de mínimos condicionados, utilizando técnicas estadísticas sobre un campo de datos lo más extenso posible variando los parámetros de operación y diseño.

En esta primera etapa de diseño, para generar el campo de datos se utilizaron una serie de modelos de cálculo tanto analíticos como numéricos realizados en la cátedra con el objetivo de tener una primera aproximación al problema que después será comprobada con instalaciones experimentales. Como ejemplo de los modelos utilizados se citarán los siguientes estudios típicos:

### 2.2.1 Ciclo Termodinámico.

Se ha desarrollado un modelo de ciclo cero-dimensional [5] basado en la hipótesis de equilibrio termodinámico. Los procesos de barrido, transferencia de calor y combustión se modelizaron utilizando las leyes

semiempíricas de Sher [6], Wöschni [7], Miyamoto [8] y Watson [9]. Las constantes que aparecen en las expresiones algebraicas de las leyes de combustión fueron evaluadas a partir de datos experimentales utilizando un algoritmo de filtrado digital basado en FFT [10].

En las figuras 2.1 y 2.2 se representan la evolución de presiones y el coeficiente de transferencia de calor con el ángulo girado por el cigüeñal para distintos valores de la

---

**En la primera etapa del diseño se generó el campo de datos utilizando una serie de modelos de cálculo tanto analíticos como numéricos realizados en la cátedra**

---

relación ( $q$ ) entre las masas de combustible quemadas por premezcla y difusión. Puede observarse que los máximos de presión y transferencia de calor disminuyen muy acusadamente a disminuir  $q$ .

### 2.2.2 Transferencia de Calor al Émbolo.

El ciclo Diesel de dos tiempos sobrealimentado necesario para disminuir la RPW implica una carga térmica muy elevada, pudiéndose alcanzar temperaturas inadecuadas en la cabeza del émbolo. Con objeto de cuantificar el problema térmico, se ha desarrollado un modelo matemático de transferencia de calor [11] que permite predecir la distribución de temperaturas y la influencia de escudos térmicos, técnicas de refrigeración suplementarias y dosados de mezcla. El modelo, en el que se ha considerado al émbolo como un cuerpo con simetría de revolución, conduce a un sistema

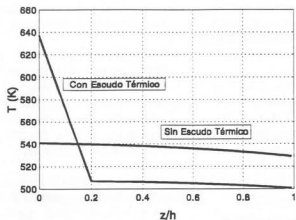


Fig. 2.3 Influencia del escudo térmico

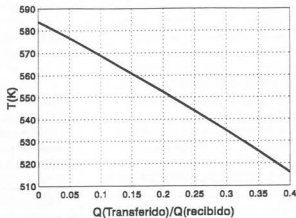


Fig. 2.4 Influencia de la refrigeración activa

de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que se ha resuelto con el código PDE2D/PROTRAN.

Se ha hecho aplicación del modelo al caso de un émbolo recubierto con una capa de PSZ (Zirconio parcialmente estabilizado) con un espesor del 20% del total de la cabeza. En la figura 2.3 se representan la variación de temperatura con la

**Una ventaja muy apreciable del motor Diesel frente a los motores de gasolina es su capacidad para poder funcionar con una gama muy amplia de dosados y sobrealimentaciones**

a los motores de gasolina es que, al poder funcionar con una gama muy amplia de dosados y sobrealimentaciones, puede alcanzarse en un motor dado el mismo valor de la presión media eficaz con una combinación adecuada de esos dos parámetros. En la figura 2.5, obtenida aplicando el modelo anteriormente citado, se aprecia la disminución de temperatura

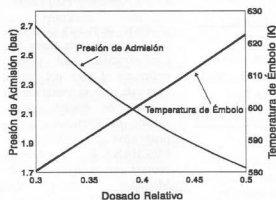


Fig. 2.5 Influencia de la combinación Dosado Relativo- Presión de Admisión

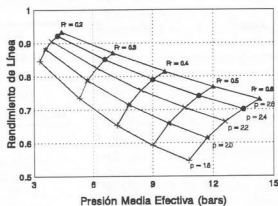


Fig. 2.6 Rendimiento de línea

coordenada z en el eje del émbolo con escudo térmico y sin él.

Con el fin de analizar la idoneidad de la refrigeración activa anteriormente apuntada, se ha aplicado el modelo suponiendo que se evacúa una cierta cantidad de calor desde el fondo del émbolo; en la figura

2.4 se representa la variación de la temperatura en el centro de la cara superior de la cabeza en función de la relación entre el calor transferido por el fondo de la cabeza y el calor total recibido por el émbolo.

Una ventaja muy apreciable del motor Diesel frente

que puede obtenerse en el centro de la cabeza del émbolo utilizando mezclas pobres y altos grados de sobrealimentación.

### 2.2.3 Sobrealimentación.

Se ha desarrollado un modelo quasi-estacionario para el turbocompresor, cilindro y sistema interenfriador con el

objeto analizar la viabilidad de utilizar turbocompresores comerciales. Los resultados obtenidos con los modelos de ciclo y barrido acoplados permitieron evaluar las pérdidas de línea entre motor y turbina.

En la figura 2.6 se indica la evolución del rendimiento de línea en función de la presión media efectiva para distintos valores de dosado

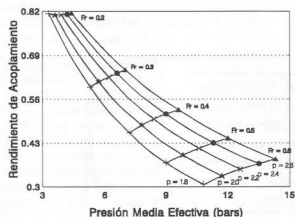


Fig. 2.7 Rendimiento de acoplamiento.

relativo y grado de sobrealimentación. El rendimiento de acoplamiento, así como la temperatura crítica en el émbolo se representan en las figuras 2.7 y 2.8 para distintos valores del dosado relativo y relación de compresión en el compresor.

Para un turbocompresor dado, con rendimientos de compresor, turbina y mecánico conocidos, se pueden utilizar las figuras 2.6, 2.7 y 2.8 para seleccionar la relación de compresión y el dosado requeridos para obtener una presión media eficaz determinada, de manera que la temperatura del pistón no sobrepase un cierto valor.

### 2.3 ESTADO ACTUAL DEL DESARROLLO.

Una vez comprobada la viabilidad del proyecto, se pasó a la etapa de diseño definitivo en la que se tienen distintas etapas:

En primer lugar se construirán tres prototipos con una arquitectura básica de dos cilindros opuestos en los que se comprobarán los resultados de los distintos modelos de cálculo. Los temas a estudiar bautizan los demostradores con:

cada cilindro. En este momento se encuentra en construcción.

- Prototipo de patin. En este último se ensayará un sistema de bielas de patin que reducirá en gran medida la longitud de la muñequilla y los pares de inercia producidos por la posible no coplanariedad de las bielas.

\*Una vez demostrada prácticamente la viabilidad del

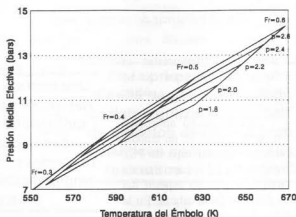


Fig. 2.8 Temperatura de émbolo.

## En primer lugar se construirán tres prototipos en los que se comprobarán los resultados de los distintos modelos de cálculo.

- Prototipo de combustión. Es el primero que se ha desarrollado y en él, con una bomba de inyección de automoción se analizará la viabilidad del sistema de combustión elegido. Este prototipo ya está construido y los ensayos están a punto de comenzar.

- Prototipo de barrido. En el segundo prototipo se intentará optimizar el proceso de barrido y además ensayar el sistema de inyección definitivo con bombas de inyección individuales para

producto, se pasará al desarrollo de un prototipo de tierra con la configuración final pero sin optimizar el peso del conjunto. Para este paso se contará con una estación de diseño gráfico y cálculo de estructuras con los programas CATIA y MECHANICA. También se contará con el código KIVA de Mecánica de Fluidos Computacional para el diseño de las lumbreras, optimizando los ángulos de azimut y elevación de la corriente de salida de las lumbreras para un perfecto barrido de los gases residuales y estudiando la difusión de los gases en la superficie de arrastre que los separa. Además, con ese mismo código se estudiará el comportamiento del spray de inyección al entrar en contacto con los gases en la precámara de alta turbulencia para optimizar el mezclado y por tanto las primeras



etapas del proceso de combustión.

\* Finalmente, se procederá a la optimización total de pesos para construir el prototipo de vuelo que será el diseño definitivo.

### 3. CONCLUSIONES.

El estudio llevado a cabo [12] muestra la viabilidad del motor diesel de dos tiempos fuertemente sobrealimentado como planta propulsora con valores de la relación peso/potencia inferiores a 0.9 Kg./kW y posibilidad de funcionamiento con distintos tipos de combustible.

Es posible alcanzar consumos específicos de combustible inferiores a 0.25 Kg./kWh lo que, unido a la baja relación peso/potencia anteriormente citada, hace muy atractiva la utilización de estos motores para misiones en las que se requieran autonomías superiores a una hora. Los costes de desarrollo, en una primera etapa, no son demasiado elevados al poderse aplicar sistemas de inyección y sobrealimentación, ya experimentados y suficientemente comprobados en motores que se encuentran funcionando en la actualidad.

El rendimiento termodinámico del motor propuesto es mayor que el de los motores semi-diesel de dos tiempos y Wankel diesel de cuatro tiempos que se han desarrollado recientemente para cubrir esta misión.

Con la arquitectura de cuatro cilindros en estrella, óptima para minimizar peso, puede conseguirse un equilibrado

total de las masas alternativas, y consecuentemente una considerable reducción del nivel de vibraciones.

La capacidad de desarrollo de este tipo de motores es considerable, ya que la relación peso/potencia de 0.9 Kg./kWh ha sido estimada limitando la presión media

---

### Es posible alcanzar consumos específicos de combustible inferiores a 0.25 Kg./kWh

---

efectiva a 10.7 bares para no alcanzar una temperatura de émbolo demasiado elevada; la utilización de otros materiales o métodos de fabricación para el émbolo permitirá mejorar significativamente la potencia de salida para atender las demandas de un mercado que se vislumbra muy prometedor, tanto en aplicaciones aeronáuticas como en vehículos de propulsión híbrida de automoción.

### REFERENCIAS.

1. JANE'S. *All the World's Aircrafts*. 1992-93.
2. *Small Turbine Directory*. Flight International 1990.
3. M. Zoche. *Dieselmotoren für die Allgemeine Luftfahrt*. ZFW Springer-Verlag 1992.

4. *The Market of Small Engines and Auxiliary Power Units*. Product Code#644 Forecast International/DUs 1991.

5. E. Varela, R. Pérez, S. Aladrén, C. Caspeñas. *Análisis Numérico de Ciclo Indicado de Motor Diesel de dos Tiempos*. II Congreso INTA 1992.

6. Eran Sher. *A New Practical Model for the Scavenging Process in a Two-stroke Engine*. SAE Paper 850083.

7. G. Woschni. *A Universally Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in the Internal Combustion Engine*. SAE Paper 670931.

8. N. Miyamoto. *Description and Analysis of Diesel Engine Rate of Combustion and Performance Using Wiebe's Functions*. SAE Paper 850107.

9. Watson. *A Combustion Correlation for Diesel Engine Simulation*. SAE Paper 800029.

10. E. Varela, E. Navarro, M. Pons, C. Caspeñas, S. Aladrén y E. Moreno. *Modelo de Diagnóstico para Motores Diesel Fuertemente Sobrealimentados*.

11. E. Varela, J.R. Arias, E. Moreno, G. Moreno. *Estudio de la Transferencia de Calor en un Émbolo con Escudo Térmico*. II Congreso INTA 1992.

12. Informe Final. *Estudio de Viabilidad de un Motor Diesel de Dos Tiempos Sobrealimentado*. INTA-ETSIA 1993

Las tres características que sustentan y facilitan la buena marcha de una empresa son: plazo, coste y calidad. Tradicionalmente sólo las dos primeras han sido objeto de atención. Sin embargo actualmente la calidad se ve como una manera de favorecer la productividad, la eficacia y la imagen de los productos manufacturados. Todo un mundo de nuevas técnicas y conceptos que revolucionan la concepción tradicional de la producción industrial.

## LA CALIDAD TOTAL, UN RETO DE LOS 90'

Mario Camacho Rivas

Aunque pueda parecer un concepto de reciente implantación, la idea de Calidad tiene unas raíces variadas y profundas. En una carta escrita al rey Luis XIV en 1664, Jean-Baptiste Colbert, ministro de finanzas y fundador de las fábricas estatales de Sévres y Gobelins, afirma: "Si nuestras fábricas, por medio de un trabajo cuidado, aseguran la calidad de nuestros productos, los extranjeros se interesarán por ellos y, consiguientemente, su dinero entrará en el reino". Cambiemos "reino" por "empresa" y hallaremos el atractivo de una idea que arrasa tanto en Europa como en América.

Según la Sociedad Americana para el Control de la Calidad, entendemos por Calidad el Conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del cliente. Peter F. Drucker explicita mucho más la relación calidad/precio a través de su definición: Calidad es lo que el cliente está dispuesto a pagar en función de lo que obtiene y valora.

Todas estas definiciones tan genéricas ponen de manifiesto lo difícil que es evaluar la calidad de un determinado producto o servicio. Se hace necesario recurrir a una serie de conceptos adicionales, como son:

- 1.- Característica de Calidad o propiedad de un producto: rendimiento, apariencia, fiabilidad,...
- 2.- Calidad de diseño o adecuación del producto a la generalidad de los usuarios.
- 3.- Calidad de fabricación o Calidad de concordancia (Juran) que es la fidelidad con la que lo construido se ajusta al proyecto.

Existen unos estándares de Calidad para la industria y los servicios. Para alcanzarlos es necesario

desarrollar toda una serie de actividades que garanticen la Calidad desde la investigación y diseño del producto, pasando por su fabricación, hasta que llega a manos del cliente. Eso es lo que entendemos por Control de Calidad. Lógicamente el Control de Calidad no puede reducirse a una inspección en unos cuantos puntos de la cadena productiva. El objetivo es aproximarse a la situación ideal, en la cual la Calidad se obtiene como consecuencia de que todas las personas involucradas en el proceso se empeñan en obtener calidad a la primera, realizando en todo momento el óptimo posible. Para conseguirlo son imprescindibles en una primera fase los controles de calidad que verifiquen en cuantas etapas se considere necesario el proceso de producción. Hoy en día tiende incluso a desaparecer la idea de control para dar paso a un enfoque preventivo y llamarse simplemente Calidad.

### LA ESTADÍSTICA COMO HERRAMIENTA

Todo control de calidad lleva implícita la necesidad de recoger información, que posteriormente será convenientemente ordenada y analizada, para hacer posible la interpretación de los resultados. La herramienta para llevar a cabo esta tarea es la Estadística aplicada al Control de Calidad. Hoy en día las filosofías modernas relacionadas con la empresa, ya sean de calidad, fiabilidad, gestión de stocks, etc., consideran a la estadística como una aliada de suma importancia. En lo que a control de calidad se refiere tiene su aplicación más importante en la etapa de inspección del producto. Llevar a cabo un examen de todos y cada uno de los elementos producidos solo es recomendable en el caso de lotes muy pequeños o ante la presencia de defectos. Se recurre entonces al muestreo, bien sea simple ( si se examina un número elevado de piezas, procediendo al rechazo o aceptación del lote en función de unos valores de aceptación, Ac, o rechazo, Re,

**"Calidad es lo que el cliente  
está dispuesto a pagar en  
función de lo que obtiene y  
valora" P. F. Drucker**

previamente establecidos) o doble (en el cual los lotes muy buenos o muy malos son rechazados de una vez, mientras que los de calidad media se someten a una segunda inspección con una muestra adicional). El riesgo que se asume de rechazar lotes buenos, o de aceptar lotes malos se cuantifica previamente a partir de gráficos como las Curvas Características.

Sin embargo, no debe perderse de vista el hecho de que los estándares de calidad no son un fin en sí mismo, sino tan solo el principio de un proceso que debe permanecer como idea básica de la vida de la empresa. Es aquí donde aparece el concepto de Calidad Total, que abarca a toda la empresa, desde esa calidad de fabricación de los productos hasta las relaciones con los clientes. La Calidad Total es un programa global de empresa en el cual cada persona y departamento asume que es cliente y proveedor de productos, servicios, información, etc., respecto a los demás departamentos y servicios de la organización

Un plan con estas características exige la participación de todos, desde la gerencia a los trabajadores, contribuyendo cada uno desde su nivel de responsabilidad. La Calidad Total debe ser uno de los objetivos prioritarios de toda empresa, pero requiere de tiempo, esfuerzo, dinero y dedicación. Se necesitan toda una serie de técnicas y medios, ninguna de ellas exclusiva o incompatible con las demás. Y ante todo satisfacer unos requisitos previos:

- La Calidad debe ser un valor que forme parte

#### CÍRCULO DE CALIDAD

Grupo de personas que trabajan normalmente juntas y que tras una formación y entrenamiento adecuados se reúnen periódicamente y de forma voluntaria para identificar, analizar y proponer vías de solución a problemas relacionados con su ámbito de trabajo. Su fundamento a nivel operativo se basa en dos creencias:

1.- Nadie conoce mejor su trabajo que aquel que lo desempeña.

2.- Las posibilidades humanas son extraordinarias si se encuentra el cauce adecuado para la creatividad.

En esta línea, se intentan potenciar al máximo todas las capacidades del individuo respetando su libertad, y tratando de convertir el puesto de trabajo en algo más cómodo y a la vez rico en contenido.

de la cultura de la empresa, en el cual la gente pueda creer de verdad. Todos distinguimos rápidamente si algo se realiza porque se cree en ello o porque simplemente esta de moda.

-Es imprescindible la confianza mutua entre las personas que van a aportar su inteligencia, su esfuerzo y su trabajo para lograr ese objetivo común.

-Es fundamental una planificación cuidadosa de los recursos necesarios. Se necesitan máquinas flexibles,

computadoras flexibles, almacenes flexibles. Y el recurso más importante de todos: las personas. Gracias a una formación adecuada y permanente se consigue su adaptación a los nuevos trabajos. El conocimiento es riqueza para la empresa y para el individuo.

Para conseguir que cada trabajador, desde el gerente al operario, autocontrole su propio trabajo para alcanzar los resultados planificados, es necesario que conozca:

- Lo que realmente está haciendo.
- Lo que debe hacerse.
- Las acciones correctivas para modificar lo que hace en el caso de que sea incorrecto.

Entre los medios para avanzar por el camino de la Calidad Total están los llamados Círculos de Calidad, el Just in Time y el Control Estadístico de Proceso (SPC).

#### DEL SPC A LA CALIDAD TOTAL

Ahora que hemos centrado el tema veamos donde y como surge esta revolución en la concepción empresarial, y algunos ejemplos prácticos de aplicación.

Fue en Estados Unidos donde se originó el concepto de calidad total, fruto del trabajo de un pequeño grupo de estadísticos que en los años veinte y treinta trabajaban en la sección de control de calidad de Western Electric (filial industrial de ITT) en Hawthorne. El

problema que les preocupaba era la variación, enemigo de todo proceso de producción pero inherente al mismo: todo proceso mecánico tiende a producir productos con pequeñas diferencias.

Las técnicas que desarrollaron para medir esa variación, analizarla, y si era posible, modificar el proceso y reducirla, fueron bautizadas en su día con el nombre de control Estadístico de Calidad y se conocen hoy como Control Estadístico del Proceso (SPC).

Al concluir la Segunda Guerra Mundial Deming y Juran adiestraron a los industriales japoneses en las técnicas e instrumentos de la gestión de calidad. Basándose en estas teorías los japoneses elaboraron un ejemplo paradigmático de calidad, e incluso dieron el nombre de Deming a un premio a la calidad, quien sin embargo hasta los años ochenta no alcanzaría fama en su propio país.

En la actualidad la expresión Calidad Total tiene un ámbito mucho más amplio que el inicial, centrado en la monitorización estadística del proceso productivo. Ahora incluye términos como el énfasis en el servicio al cliente, el control de inventarios just-in-time, y un cambio en las formas de trabajo, dando más importancia al equipo, a la formación, y más responsabilidad a los empleados. Todo con un objetivo común: reorientar la producción para obtener productos o servicios de calidad homologable, de manera rápida y ajustados a las necesidades de los clientes.

Todas éstas y otras muchas técnicas como el Análisis Modal, que estudia los modos de fallo, su criticidad y la manera de evitarlos, nacen en la industria aerospacial. Calidad y fiabilidad son conceptos prioritarios en aeronáutica. Pero es en compañías productoras de grandes series donde se desarrollan las herramientas necesarias para evitar un control exhaustivo de la producción y mantener aún así los estándares prefijados.

De entre todas las industrias, han sido las de automoción las que más rápidamente se han movido para que sus proveedores mejorasen la calidad y la productividad. Así por ejemplo la apuesta por la calidad de Ford tiene efectos potencialmente desastrosos para aquellos proveedores

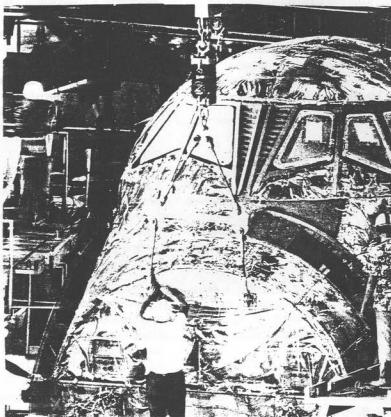
que no logren dar la talla: congelación inicial de pedidos y posterior rescisión de contrato caso de no conseguirse en un plazo prudencial el nivel deseado.

La experiencia de las empresas que han afrontado con éxito los procesos de gestión de calidad total subraya la lentitud con la que se introduce el proceso. El programa de calidad de Texas Instruments en Gran Bretaña se inició hace 10 años. En Exxon Chemical el proceso se inició en 1979, y la calidad total no se introdujo hasta 1984.

**No se trata de conseguir que la gente haga unas cosas determinadas, sino de crear un entorno en el que se sienta a gusto con su trabajo.**

En Irlanda, la división europea de Amdahl, fabricante norteamericano de ordenadores para redes ha llevado la búsqueda de la calidad a un plano superior. Su programa de calidad total, iniciado en 1985, ha llegado a un punto en el cual los directivos de la fábrica de Dublín intentan diseñar una organización capaz de cambiar y mejorar espontáneamente. Los resultados hablan por sí solos: en 1985 Amdahl tardaba 135 días en fabricar un ordenador. En 1990 solo se necesitaban 59 días. Hoy las horas extras suponen un 0.4% del total, a pesar del incremento en la producción. Pero la calidad total no solo supone un incremento en la productividad.

Según Clem Smyth, director de producción y prueba, "la calidad representa un incremento en la cuota de mercado, que los clientes vuelvan de nuevo, que estos clientes te recomienden a otros. Es erróneo introducir la calidad total solo para conseguir cumplir los calendarios, para eliminar mandos intermedios o para reducir costes. No se trata de conseguir que la gente haga unas cosas determinadas, sino de crear un entorno en el que se sienta a gusto con su trabajo".



Calidad y Fiabilidad son conceptos prioritarios para la industria aerospacial.

"Dato", "control" y "mejora" son las palabras clave en el SPC. Los datos evitan el problema de las opiniones y sitúan las discusiones en un plano profesional. El control se refiere a la variabilidad durante el proceso de fabricación. Dichas variaciones se deben tanto a los equipos como a la manera de usarlos. Reducir la primera

Calidad Total", y el difunto Kaoru Ishikawa, quien no sólo adaptó los conceptos a la mentalidad oriental, sino que extendió más allá del proceso el principio de Calidad, incluyendo en el mismo las políticas de Recursos Humanos de las compañías.

## JIT

Pocas innovaciones en gestión empresarial han sido tan aplaudidas tras la Segunda Guerra Mundial como el sistema de producción just-in-time (JIT) de Toyota.

Ideado por Taiichi Ohno a mediados de los sesenta para reducir stocks, pronto se convirtió en un sistema global para eliminar sobrantes y mantener elevados niveles de calidad y rentabilidad en el proceso de fabricación. Pero no fue hasta 1984, con el comienzo de su aventura americana, cuando se puso de relieve el verdadero valor del sistema.

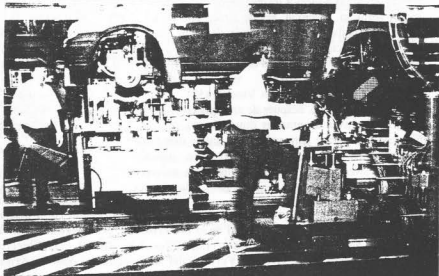
El objetivo del JIT es producir exactamente la cantidad que se necesita en cada una de las etapas de la producción, reduciendo los inventarios al mínimo. Para ello el proceso se desencadena a partir del establecimiento de una necesidad determinada del producto final, pasando a la producción inmediata de los productos intermedios, y así sucesivamente hacia atrás. Por eso a este sistema se le denomina "sistema Pull", porque la producción tira del producto final.

La relación del JIT con la Calidad Total es evidente. Es difícil imaginar un entorno de fabricación en el que se produce justo lo necesario para no acumular inventarios si se asume que van a existir productos defectuosos, susceptibles de rechazo o de un reprocesado. Si los proveedores saben que en la cadena de montaje no va a sobrar nada, tienden a asegurar la calidad de su producción. Y los trabajadores de la cadena tienen los ojos abiertos para evitar los problemas o resolverlos si se producen.

En Toyota, Tadaaki Jagawa, Director del Dpto. de Planificación de la Producción, busca la implantación de un programa para hacer que el JIT sea en tiempo real. El objetivo es llegar a un sistema de producción que permita fabricar coches para pedidos transmitidos en el acto, en el mínimo tiempo. Según él prevé, la clave del éxito una vez logrado por todos los fabricantes un adecuado nivel de calidad, será el plazo de entrega. "Los clientes querrán sus coches al día siguiente de pedirlos".

causa es posible con maquinaria más sofisticada, capaz de conseguir umbrales de tolerancia más estrictos. El SPC se centra en el segundo tipo: la variación procedente de la interacción hombre-máquina. Una vez que se conoce en profundidad el proceso de producción, puede ser mejorado. Esto puede suponer en ocasiones una reestructuración completa del estilo de gestión hasta entonces seguido por la compañía.

Dentro del grupo de innovadores destacaban W. Edwards Deming y Joseph Juran. Otros pioneros de la Calidad fueron Philip Crosby, Armand Feigenbaum, padre del término "Control de



La búsqueda de la Calidad conduce a nuevas formas de organización del Trabajo. El 26 por ciento de las mayores empresas estadounidenses experimentan en sus factorías el trabajo en equipo como alternativa a las fórmulas tradicionales de organización industrial.

## ¿ Por qué vuela un avión ?

Quizás, mucha gente no se haya hecho nunca esta pregunta, pero me atrevería a afirmar que tras levantar la vista y ver la blanca estela dejada por un avión, a todos nos ha sorprendido alguna vez el hecho de que una fortaleza volante tan pesada, mucho más que el aire, pueda ser capaz de volar y no caiga estrepitosamente al suelo.

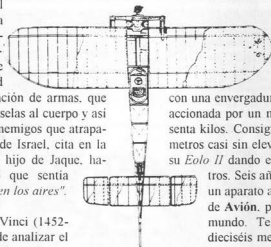
Francisco Javier Pérez Martínez

### APUNTES HISTÓRICOS.

**E**l anhelo del ser humano por imitar a las aves en su aventura de volar se remonta a sus propios orígenes. Uno de los primeros ejemplos lo encontramos en la mitología griega con el viaje aéreo de Dédalo y su hijo Ícaro para escapar del Laberinto y el intento de éste, desobedeciendo a su padre, de llegar al Sol, cuyo calor derritió la cera con que había pegado las plumas de las alas empleadas y, deshechas éstas, cayó al mar y pereció. También en la mitología nórdica, más concretamente en uno de los Eddas -libros de mitología islandesa- se relata la historia de un Weland o herrero dedicado a la fabricación de armas, que se construyó unas alas para atárselas al cuerpo y así arrojar desde las alturas a los enemigos que atrapaba por sorpresa. Salomón, rey de Israel, cita en la Biblia unas palabras de Agur, hijo de Jaque, haciendo referencia al asombro que sentía aquél por "el rastro del águila en los aires".

Pero fue Leonardo da Vinci (1452-1519) el primero que, después de analizar el vuelo de las aves de grandes dimensiones, proyectó un aparato para volar. Dos siglos más tarde un científico, filósofo y religioso sueco llamado Emanuel Swedenborg (1688-1772) ideó una máquina voladora. En el año 1809, sir Georges Cayley, inglés

de nacimiento, proyectó un aparato que en su concepción era ya un aeroplano, viendo además la necesidad de poner en movimiento una o varias hélices para sostener el artefacto en el aire y hacerlo avanzar. Sin embargo, fue un ingeniero alemán, Otto Lilienthal (1848-1896), el primero en practicar el vuelo a vela, muriendo al efectuar su viaje número dos mil, tras estrellarse con su aparato contra los montes Stöllner.



Clément Ader (1841-1925), ingeniero francés, quien primero había construido una cometa capaz de elevar a un ser humano, probó su primer Eolo el 9 de octubre de 1890. El artefacto tenía la forma de un murciélago, con una envergadura de catorce metros y la hélice era accionada por un motor de vapor que sólo pesaba sesenta kilos. Consiguió despegar y recorrió unos pocos metros casi sin elevarse. Realizó un nuevo intento con su *Eolo II* dando esta vez un salto de doscientos metros. Seis años después realizó otra tentativa con un aparato al que bautizó con el nombre de **Avión**, palabra que fue adoptada en todo el mundo. Tenía dos motores, dos hélices, y dieciséis metros de envergadura. Llegó a volar seiscientos metros antes de volver a tocar tierra

Corría el año 1900, cuando los hermanos Wright, Wilbur y Orville (norteamericanos), constru-

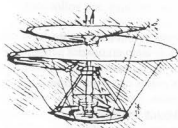
El sueño de visitar otros mundos también está presente en el pensamiento humano desde tiempo inmemorial. Ya en el siglo II de la era cristiana, el satírico Luciano de Samosata (120-180) escribió una narración en la que los protagonistas visitaban la Luna, el lucero del alba y el zodiaco. Uno de los personajes de Orlando Furioso, del autor italiano Ludovico Ariosto (1474-1533), fue también a nuestro satélite. Estos escritores recurrieron a los métodos más inverosímiles para que viajaran sus protagonistas. Tal es el caso de Hércules Savinien (1619-1655) -más conocido como Cyrano de Bergerac, personaje de la novela homónima de Rostand-, que recurrió al empleo de cohetes a modo de agentes propulsores en su obra "Historia cómica de los Estados e Imperios de la Luna". Sobradamente es conocida la novela de Julio Verne (1828-1905), "De la Tierra a la Luna", en la que aparte la inadecuada utilización de una bala de cañón como medio de traslado, consideró el problema desde el punto de vista matemático.

yeron un planeador biplano de alas rectangulares iguales. Un año más tarde ensayaron un planeador al que incorporaron estabilizadores y un rudimentario tren de aterrizaje. Posteriormente estudiaron un timón de dirección. En 1903 construyeron un motor de explosión de 4 cilindros y una potencia de 16 CV, que acoplaron a su planeador. Este aparato voló unos pocos centenares de metros, pilotado por el hermano menor, Orville, tras despegar en la arena de la playa de Kitty Hawk, en el estado de Carolina. Después de repetir dos veces el mismo vuelo, fue capaz, en 1905, de efectuar algunos giros con su aeroplano y recorrer la increíble distancia de **treinta y nueve kilómetros!**

### LOS COMIENZOS DE LA AERONÁUTICA.

Queda patente pues, el hecho de que a lo largo de la historia, el hombre ha sido capaz de conseguir que un elemento más pesado que el aire pueda vencer la fuerza de la gravedad y, lo más sorprendente, mantenerse en vuelo. La palabra mágica que explica algo tan aparentemente complicado es la **sustentación**. Luego hablaremos de ella.

Una primera idea que puede aflorar a la cabeza para explicar el vuelo de un avión, es la de que éste se "apoya" en el aire. Pero esto no es del todo cierto, ya que lo que realmente sucede es que se "cuelga" de él. A veces nos sorprendemos de ciertos fenómenos, como en este caso, porque no tenemos en



Proyecto de helicóptero de Leonardo da Vinci

cuenta las fuerzas que este gas invisible, llamado aire, es capaz de originar. No tenemos más que sacar la mano por la ventanilla de un coche que circula a gran velocidad, con la palma abierta hacia delante y con cuidado de no perderla por el camino, claro, y comprobaremos que nos resulta difícil mantenerla quieta. Pues imaginense lo que puede ser a una velocidad de dos a cuatro veces mayor para una avioneta (entre 200 y 400 Km/h), o nueve o diez veces superior para el caso de un avión comercial. Aunque pueda parecer increíble, yo no lo he comprobado, todavía.

Una de las razones que quizá impidieron durante siglos un progreso más rápido en la realización práctica de los vuelos, fue la creencia general -y así lo pensaba Leonardo da Vinci- de que un único mecanismo tenía que ser el encargado de producir tanto la

sustentación como la propulsión del aparato. Esto es cierto para las aves y los helicópteros, pero no para los aeroplanos.

### La creencia general en el siglo XV de que un único mecanismo tenía que producir la sustentación y propulsión, retrasó las investigaciones

Volviendo de nuevo a sir Georges Cayley, quien construía sus modelos a escala real para, posteriormente, desarrollar sus teorías, fue el primero que pensó en el vuelo separando los conceptos anteriores, no con la idea de conseguir la sustentación mediante el batimiento o giro de alas sino con el movimiento de superficies inclinadas en la dirección del movimiento. Además, expuso la idea de que la resistencia del aire, que actuaba en dirección opuesta al avance, debía ser compensada con la propulsión para mantener el vuelo horizontal, e intuyó, gracias a sus experimentos, que para disminuirla, la parte posterior de los cuerpos en el seno de una corriente fluida de aire tenía más importancia que la frontal (más tarde veremos que han de tener un borde de salida afilado).

Newton (1642-1727) realizó la primera teoría sobre la resistencia del aire exponiendo tres afirmaciones que el tiempo se encargará de demostrar: que las fuerzas que actúan sobre dos cuerpos geoméricamente semejantes, que se mueven en fluidos de diferente densidad, son proporcionales (1) al cuadrado de la velocidad (restringida, ésta, a velocidades pequeñas o moderadas, lejos de la velocidad del sonido, por efectos de compresibilidad del aire), (2) al cuadrado de la dimensión lineal del cuerpo y (3) a la densidad del fluido. La fórmula que expresa estas relaciones se conoce con el nombre de **ley del seno cuadrado de Newton** y está referida a la fuerza que actúa sobre una placa plana inclinada en el seno de una corriente uniforme de aire:

$$F = \rho S U^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \quad \text{donde}$$

- F : fuerza perpendicular sobre la placa
- $\rho$  : densidad del fluido
- S : área de la placa
- U : velocidad de la placa
- $\alpha$  : ángulo de inclinación

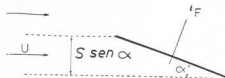


Diagrama de la teoría de Newton. Se supone que la masa de fluido desviada por la placa es la que atraviesa la sección recta  $S \operatorname{sen} \alpha$ .

Esto supuso un gran avance por cuanto Newton se refería a fluidos en general, ya que los resultados de ensayos hechos en el agua podían ser aplicados al aire.

### APRENDIENDO A VOLAR

Pero la predicción de Newton respecto a la proporcionalidad entre la fuerza que actúa sobre un elemento superficial y el cuadrado del seno de su án-

gulo de inclinación se ha comprobado posteriormente que es falsa, porque ha dado resultados muy diferentes de los reales. La experimentación ha demostrado que la fuerza es función lineal del seno del ángulo, o incluso del ángulo mismo, en el caso de ser éste pequeño. Su ley, sin embargo, si es de aplicación en la zona de velocidades supersónicas muy elevadas (recordemos que la velocidad del sonido es del orden de 340 m/s ó 1224 Km/h).

**Durante el siglo XIX, los experimentalistas y los teóricos siguieron caminos diferentes. Unos estudiando el vuelo de las aves, y otros desarrollando teorías sobre dinámica de fluidos.**

Durante el siglo XIX, los experimentalistas y los teóricos siguieron caminos diferentes. Los primeros, estudiando el vuelo de las aves, y los segundos, desarrollando teorías sobre dinámica de fluidos, que no prestaban ayuda práctica a los que deseaban volar. En aquél tiempo, las investigaciones se toparon con dos problemas: (1) qué potencia era necesaria para volar y (2) cuál debía ser la forma más adecuada de las alas.

1. Con respecto a la **potencia**, se necesitaba comparar la disponible con la necesaria. La disponible de las aves era la muscular que podía desarrollar durante el vuelo (proporcional al peso del ave). Mientras que la necesaria la calcularon así: un ave que planea sin accionar sus alas en vuelo horizontal, pierde una cierta altura en la unidad de tiempo (que es la llamada "velocidad de hundimiento"), y es ésta pérdida de altura la que se compensa con la potencia necesaria. La carga alar de las aves (cociente entre el peso del cuerpo y la superficie del ala) crece con su peso total, según unos estudios realizados por el fisiólogo francés Jules Marey (1830-1904) y publicados en su libro "La Machine", y la potencia que un ave es capaz de ejercer mediante sus músculos pectorales también es proporcional a su peso. Se desprende de todo esto que el vuelo es más difícil para un pájaro grande que para uno pequeño; habiendo además un tamaño límite, pasado el cual, un ser vivo es incapaz de volar. Este es el caso del hombre, idea que apuntó el físico alemán

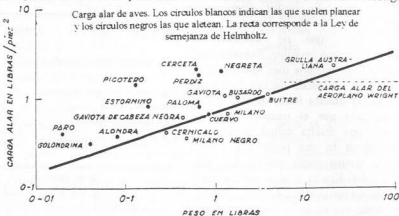
Hermann von Helmholtz (1821-1894) al estudiar la ley de semejanza de animales voladores. Es curioso reseñar, sin embargo, que en el año 1937 los italianos Bossi y Bonomi consiguieron mantener en vuelo horizontal (unos 790 m) un avión sólo con potencia muscular humana, pero lo que no consiguieron con este tipo de propulsión fue hacerlo despegar.

2. En cuanto a la **forma del ala**, comenzaremos haciendo un estudio básico de la misma, ya que es la que da origen a la sustentación y, por tanto, la encargada de conseguir el vuelo. En lenguaje aeronáutico, el largo, ancho y alto se sustituyen por otros tantos parámetros básicos que son los que definen al ala: *envergadura* (distancia entre puntas del ala o bordes marginales), *cuerda* (distancia entre la parte delantera, llamada borde de ataque, y la trasera o borde de salida) y *espesor* (distancia máxima entre la parte superior o

**El vuelo es más difícil para un pájaro grande que para uno pequeño; habiendo además un tamaño límite, pasado el cual, un ser vivo es incapaz de volar.**

extradós y la parte inferior, intradós). El *perfil* o sección del ala obtenida dando un corte en sentido perpendicular a la envergadura, es el que, dependiendo de su forma y geometría determina la sustentación de todo el conjunto del avión.

Muchos estudios se hicieron sobre la forma más favorable de las alas, tanto en túneles aerodinámicos - en la primera década de nuestro siglo existían túneles en casi todos los países europeos- como con planeadores en vuelos reales. Dos descubrimientos marcaron el camino de las investigaciones: (1) con una

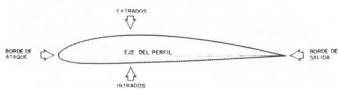


superficie curvada y con un ángulo de ataque nulo (bordes de ataque y salida situados a la misma altura) se tenía sustentación positiva y (2) en ciertos casos, la relación sustentación-resistencia de las superficies curvadas es superior a la de las placas planas. Más tarde, con la moderna teoría de la sustentación quedarían resueltas las dudas.

Se desprende de todo esto que el vuelo es más difícil para un pájaro grande que para uno pequeño; habiendo además un tamaño límite, pasado el cual, un ser vivo es incapaz de volar.

Un gran experimentalista y observador aerodinámico fue el alemán Lilienthal, quien encontró





que el viento natural era más favorable para el vuelo planeado que una corriente de aire perfectamente uniforme, debido a la componente ascendente que suele tener aquí; remarcando, además, la importancia de la forma curvada de las alas. Alphonse Penaud presentó el primer modelo volante no tripulado que poseía un estabilizador de cola horizontal en la parte trasera, con una hélice propulsada por bandas de goma.

Continuando con los avances científicos de la época, el primero que realizó una teoría racional de la resistencia del aire fue D'Alembert, que sin embargo, no consiguió resultados satisfactorios. De ahí la denominada "*paradoja de D'Alembert*": si se mueve un cuerpo uniformemente en el seno de un fluido no viscoso, es decir, despreciando los efectos de fricción, el cuerpo no encuentra resistencia.

Con el paso del tiempo, los dos desarrollos que existían, una Aerodinámica semiempírica y una Teoría Matemática de la Mecánica de Fluidos acabaron por aproximarse y complementarse, hasta obtenerse unas teorías racionales sobre la sustentación y la resistencia.

### TEORÍA DE LA SUSTENTACIÓN

Lord Rayleigh, que allá por el año 1878 estudiaba el efecto de la corriente de un fluido alrededor de un cilindro circular, observó que cuando se superponía a la corriente anterior otra corriente circulatoria (originada, por ejemplo, por la rotación del propio cilindro sobre sí mismo) aparecía una fuerza perpendicular a la dirección de la corriente original o perpendicular a la dirección del movimiento del cilindro. Su estudio lo hizo para dar una explicación al vuelo especial de una pelota de tenis jugada con efecto.

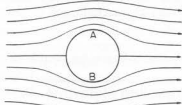
El teorema de Bernoulli es el que explica este fenómeno. Imaginense una tubería horizontal por la que corre el agua y que, en un punto determinado, tiene un estrangulamiento. Se puede comprobar, instalando manómetros (medidores de presión), que en el punto de estrangulamiento, la presión del líquido es menor. Además, como el caudal (producto de la velocidad por la sección) ha de mantenerse constante a lo

largo de toda la tubería, la velocidad del flujo es más elevada en el punto en el que se estrecha. Es decir, que la presión disminuye allí donde la velocidad de un líquido o un gas aumenta. Algo análogo ocurre en el llamado efecto Venturi.

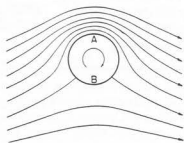
Para tener una idea más visual de lo que realmente sucede, consideremos el cilindro, quieto, en el interior de una corriente dirigida de izquierda a derecha. Vemos cómo las líneas de corriente tienen una distribución totalmente simétrica, con lo que no puede producirse ninguna fuerza (paradoja de D'Alembert). Si el cilindro ahora rota sobre sí mismo, en el sentido de las agujas del reloj, el punto A tendrá una velocidad mayor, suma de dos velocidades: (movimiento uniforme de la corriente) + (movimiento circular). Y el punto B, una velocidad menor, ya que a la producida por la corriente uniforme habrá que restar la circular. Así, según el teorema de Bernoulli, los puntos A y B tendrían la misma presión sin el movimiento circulatorio, pero con éste, la presión en B es mayor que en A. Esta diferencia de presiones es la que produce la fuerza vertical hacia arriba de sustentación -la fuerza tendría sentido opuesto si el movimiento de rotación fuera contrario al de las agujas del reloj-.

**El perfil es el que, dependiendo de su forma y geometría determina la sustentación de todo el conjunto del avión**

El mismo fenómeno lo podemos observar para el caso del ala de un avión. Veamos qué ocurre cuando un perfil plano incide sobre una corriente laminar (sin turbulencias) de un fluido, el aire en este caso. Para entenderlo mejor sitúese en el sistema de referencia del avión. Si pudiésemos observar con nuestros ojos las moléculas de

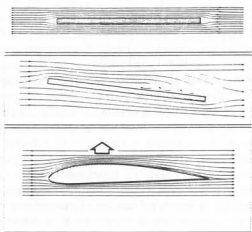


Corriente ideal alrededor de un cilindro circular.



Corriente ideal alrededor de un cilindro circular, con un movimiento superpuesto circulatorio en sentido de las agujas del reloj.

aire, que son las que ahora se mueven respecto al perfil, agrupadas en delgadas capas (como si fueran filetes), veríamos que la perturbación es mínima y que las capas siguen prácticamente paralelas. Sin embargo, si el perfil es alar, es decir, con espesor y curvatura, el



La corriente laminar es perturbada por la forma de los cuerpos sometidos a ella. En el primer caso vemos que la influencia es mínima por la escasa desviación y por estar situado paralelamente a las líneas de la corriente. En el segundo, al inclinarse el objeto se crean ciertas turbulencias. En el tercer gráfico, el perfil alar genera una depresión en su extradós, dando origen a la sustentación que hace posible el vuelo de un avión.

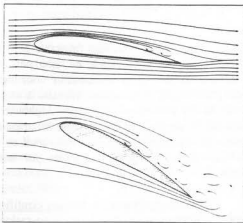
comportamiento de estas imaginarias capas es diferente ya que ahora tratan de ajustarse a la forma del perfil. Ahora en el extradós, por su mayor curvatura, las delgadas láminas de aire tienden a comprimirse, lo que obliga a sus moléculas a aumentar su velocidad de paso. Esto crea una depresión en el extradós, es decir, algo parecido a un efecto Venturi. Otra forma de verlo sería pensar que debido a la forma peculiar del ala, el aire que circula por la parte superior tiene que recorrer un trayecto más largo que el que fluye debajo. Y para que los dos flujos puedan volver a encontrarse al final del trayecto, es necesario que el superior sea más rápido.

Varios fueron los científicos que dedicaron especial atención a la relación existente entre la sustentación de un ala de un aeroplano y el movimiento circulatorio del aire alrededor de ella.

**Kutta explicó el porqué una superficie curvada hacia afuera, situada horizontalmente en una corriente de aire, produce sustentación positiva.**

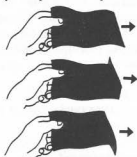
El que verdaderamente se interesó por analizar el efecto de curvatura en los perfiles fue el matemático alemán M. Wilhelm Kutta (1867-1944), quien explicó el porqué una superficie curvada hacia afuera, situada horizontalmente en una corriente de aire, produce sustentación positiva.

Todo lo expuesto anteriormente es así, aunque parezca difícil de creer a primera vista. Y se puede comprobar con un sencillo experimento casero. Coja con la mano una hoja de papel algo rígida, y láncela, de canto, hacia adelante. Observará que cae rápida-



Aumentar el ángulo de ataque se incrementa la sustentación, pero en la resistencia al avance. Si este ángulo llega a ser excesivo, la corriente de aire se desvía de los perfiles, deteniendo la sustentación. Esta reacción se llama **estruce en percha** y está representada en la figura inferior.

mente al suelo tras unos movimientos descontrolados. Si repetimos la operación, pero doblando hacia arriba el canto anterior de la hoja, tardará más tiempo en caer. Y si la lanza con el canto anterior doblado hacia abajo, lo hará con mayor rapidez. Lo que está ocurriendo es que el borde doblado hacia arriba desvía las capas superiores de aire que se mueven en relación a la hoja, obligándolas a realizar un recorrido más largo y, por tanto, a avanzar con mayor velocidad que las que circulan por la cara inferior. Así, se crea una depresión en la cara superior de la hoja, que hace que ésta se sustente.



Y ahora, a no ser que se reutilice la hoja para efectuar operaciones en sucio, se ruega sea depositada en un contenedor destinado al efecto.

#### TEOREMA DE JOUKOWSKI. CIRCULACIÓN.

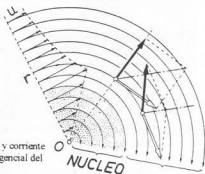
El matemático y físico ruso Nikolai E. Joukowski, expuso los fundamentos matemáticos de la teoría de la sustentación. Demostró que cuando un cuerpo cilíndrico de sección recta se mueve con velocidad  $U$ , en el seno de un fluido de densidad  $\rho$ , y existe una circulación de magnitud  $\Gamma$  alrededor de él, se produce

una fuerza de sustentación dada por la expresión:

$L = \rho U \Gamma$ , por unidad de longitud del cilindro (o longitud transversal). Siendo la dirección de esta fuerza normal tanto a la velocidad  $U$  como al eje del cilindro.

### ¿Y qué es la circulación ?

Matemáticamente, la circulación (magnitud escalar) de la velocidad a lo largo de una circunferencia, se define como el producto de la longitud de la misma  $2\pi r$ , por la velocidad  $u$  de la corriente circular (se podría dar una definición más general, pero no lo haremos). En una corriente no turbulenta o potencial, es decir, cuando el elemento de fluido no gira sino que sólo sufre traslación o distorsión, aun cuando las líneas de corriente sean circunferencias (y esto se puede conseguir con una distribución circular en la que la velocidad disminuye de forma inversamente proporcional a la distancia al centro), la circulación es constante en



Corriente circulatoria con núcleo interno y corriente externa no turbulenta. La velocidad tangencial del fluido es  $u$ , y  $r$  el radio.

toda la corriente fluida. Lo que realmente es constante es el producto  $u \cdot r$ , pero los ingenieros prefieren considerar la expresión  $u \cdot 2\pi r$ .

Pero en el centro, esto es, para  $r = 0$ , este movimiento no puede existir porque se necesitaría una velocidad infinita para mantener el producto anterior constante. Debe existir, por tanto, un núcleo central ocupado por un fluido en movimiento no potencial. Para visualizar esto físicamente, lo que se hace es considerar que en lugar del núcleo fluido, existe un cuerpo sólido, rodeado exteriormente por una corriente de circulación no turbulenta.

Para ver la relación que hay entre lo anterior y el caso del cilindro que hemos considerado, se realiza el estudio de la siguiente forma: se supone primero que existe una corriente de circulación alrededor del cilindro y luego se le da al sólido un movimiento de traslación. La combinación de las dos corrientes pro-

duce la sustentación, que atende a la fórmula de Joukowski, escrita más arriba.

## TEORÍA DEL ALA BIDIMENSIONAL.

**En el ala, la circulación crea una velocidad mayor sobre el extradós, y una velocidad menor en el intradós. Así es como se genera la sustentación positiva en los aviones.**

Kutta y Joukowski fueron los que resolvieron el problema de la sustentación aplicando la teoría anterior al caso de un ala infinita de sección constante, suponiendo que la corriente alrededor del ala era no turbulenta. Para calcular la sustentación, bastaba con hacerlo en función de la velocidad y de la forma de la sección del ala o perfil.

Cuando tenemos la sección de un ala con un borde de salida afilado (tanto como sea posible) y se pone en movimiento, se observa que el fluido, o sea, el aire, tiende a deslizarse alrededor del borde afilado, en los primeros momentos. Este proceso no continúa porque se alcanzarían velocidades teóricamente infinitas en el borde de salida. En su lugar se crea un torbellino en el borde de salida seguido de una discontinuidad. Y, según el principio de acción y reacción de la Mecánica, la rotación de una parte de fluido provocada por el torbellino crea una rotación en sentido opuesto en el resto del fluido. Ésta es la rotación que se corresponde con la circulación alrededor del ala. Como en el caso del cilindro, la circulación crea una velocidad mayor (presión menor) sobre la superficie superior o extradós, y una velocidad menor (presión mayor) en la superficie inferior o intradós. Así es como se genera la sustentación positiva en los aviones.

En contra de lo que se había pensado durante muchos siglos, con la idea intuitiva de que se podría volar gracias a que el aire chocaba contra la superficie inferior de las alas, la investigación científica ha demostrado que, en realidad, las alas de los aviones están colgadas o succionadas por el aire. Es decir, que a la sustentación total contribuye mucho más la succión o presión negativa generada en la superficie superior del ala, que la presión positiva sobre la superficie inferior.

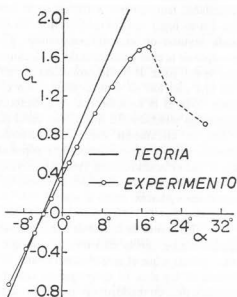
**A la sustentación total contribuye mucho más la succión o presión negativa generada en la superficie superior del ala, que la presión positiva sobre la superficie inferior**

La magnitud de la circulación se determina con la llamada condición de Kutta-Joukowski o condición de corriente lisa en el borde de salida. Afirma que la circulación ha de tener un valor tal, que la velocidad de la corriente que deja la superficie superior en el borde de salida sea igual a la de la corriente que deja la superficie inferior ( esto es para alas en que coinciden las tangentes del extradós e intradós en el borde de salida; si el ángulo que

forman no es nulo, el borde de salida será un punto de remanso o de velocidad nula).

Esta condición concuerda tanto con la observación visual como con la medida. En la gráfica, en donde se representa el coeficiente de sustentación  $C_L$  frente al ángulo de ataque  $\alpha$ , para un perfil, se aprecia la desviación entre la teoría y el ensayo, que no es mucha para ángulos de ataque pequeños.  $C_L$  es un coeficiente adimensional obtenido como cociente entre la fuerza de sustentación  $L$  (por unidad de anchura del ala o envergadura) y el producto de la longitud  $c$  de la cuerda por la presión dinámica  $1/2\rho U^2$ , siendo  $\rho$  la velocidad del fluido y  $U$  la velocidad de la corriente, no perturbada, con relación al ala.

$$\text{Así } C_L = L/(1/2\rho U^2 \cdot c).$$



Coefficiente  $C_L$  de sustentación de un perfil en función del ángulo  $\alpha$  de ataque. La teoría circulatoria de la sustentación se compara con resultados experimentales.

Los resultados obtenidos de esta teoría de la circulación de la sustentación difieren bastante de los obtenidos por Newton, y que ya comentamos. Él suponía que la cantidad de aire desviada era la que chocaba contra la superficie del cuerpo en movimiento. Para el caso de una placa plana de cuerda  $c$  y ángulo de ataque  $\alpha$ , esta masa era proporcional a  $c \cdot \text{sen} \alpha$ , según Newton. Y según los estudios de la moderna teoría, es proporcional a  $3.14c$ : con lo que si

por ejemplo, es  $\alpha=5^\circ$ , el seno es menor de 0.1, y el resultado de Newton resulta erróneo en unas treinta veces.

## ENTRADA EN PÉRDIDA

Esta teoría de la sustentación está limitada para ángulos de ataque relativamente pequeños, tanto positivos como negativos.

En la medida que el ángulo de ataque va aumentando, a partir de valor nulo, se consigue mayor sustentación, ya que elevamos la sobrepresión del intradós y la depresión del extradós. Pero este ángulo tiene un límite, a partir del cual las líneas de corriente se deforman, no pudiendo acomodarse a seguir la forma de la superficie, debido a que el aire ha de abrirse paso contra una presión en aumento. Así, se desprenden del extradós antes de alcanzar el borde de salida, desapareciendo el efecto de sustentación, ya que disminuye considerablemente la circulación y, por tanto, la capacidad de vuelo del avión.

En la configuración de ángulo de ataque elevado, la superficie que presenta el ala al avance es mayor cuanto más grande sea el ángulo. Esto supone un incremento de la resistencia al avance, que debe ser compensada con un incremento de potencia en el motor o con una disminución de la velocidad de vuelo.

Según hemos visto, el efecto de la sustentación está basado en el desplazamiento del ala a través del aire, y está en relación directa con la velocidad (a más velocidad, mayor sustentación). Si disminuye la velocidad a causa de la resistencia de un excesivo ángulo de ataque, perderemos gradualmente altura hasta llegar a una velocidad límite, por debajo de la cual no se produzca sustentación suficiente como para aguantar el peso de un avión en el aire. Se producirá lo que se llama *pérdida por falta de velocidad*.

El ángulo de ataque máximo a partir del cual la sustentación empieza a bajar, se denomina ángulo de sustentación máxima o de entrada en pérdida. Éste fenómeno es de la mayor importancia, porque determina la carga máxima que un ala puede sustentar a una velocidad dada y, en particular, la velocidad mínima de aterrizaje de un aeroplano.

Existen, sin embargo, dispositivos hiper-sustentadores que consiguen retrasar la entrada en pérdida hasta ángulos de ataque mayores.

## VISITA A "LA MUÑOZA"

El pasado día 28 de Abril, un grupo de alumnos de 5º curso de la E.T.S.I. Aeronáuticos realizó una visita a las instalaciones de Iberia situadas en La Muñoza, cercanas a Barajas. El motivo de tal viaje se encuadraba dentro de una serie programada por la asignatura de Instalaciones de Edificios de Aeropuertos, perteneciente a la "especialidad C" de Aeropuertos, Navegación y Transporte Aéreo.

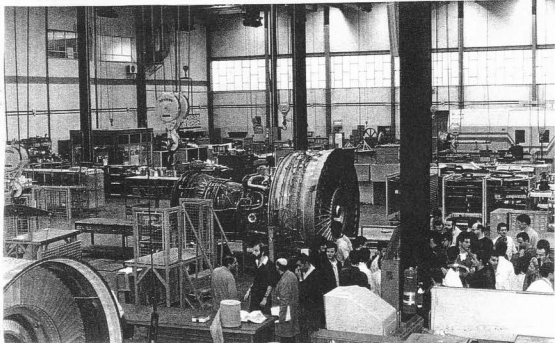
Allí se llevan a cabo, entre otras actividades, las revisiones Tipo D -también llamadas **Overhall** - que se efectúan a las aeronaves tras 20.000 horas de vuelo.



Dos aparatos esperan su turno en la zona de espera. Uno está bautizado con el nombre "Castilla La Nueva" y, el otro, con el de "Cataluña".



Un motor acaba de ponerse a punto, tras pasar por el túnel de ensayos, donde se prueban in vivo. Es trasladado por unas grúas que se deslizan por el techo.



Un grupo de alumnos en el hangar de mantenimiento de motores.



La pintura de la superficie se elimina completamente mediante líquidos especiales. Así se puede realizar una mejor inspección visual.



La cabina de uno de estos aviones se desmonta aparte de ma



Un Jumbo después de haber sido reparado.  
El costo de esta reparación fue de unos 150 millones de dólares.

El interior de un B-747 (Jumbo) a mitad de revisión. Se desmonta por completo, quedando únicamente la estructura, para encontrar los posibles desperfectos. Se aprecia la sensación de espacio que dan estas fortalezas volantes.



Los aparatos es todo un mundo  
de instrumentos y controles.



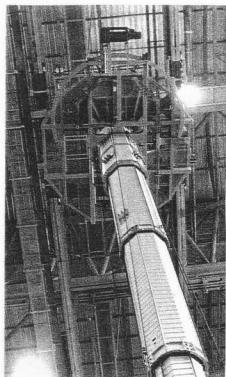
Después de pasar la revisión tipo D,  
el costo es de unos 6.5 millones \$,  
el precio de un aparato nuevo.



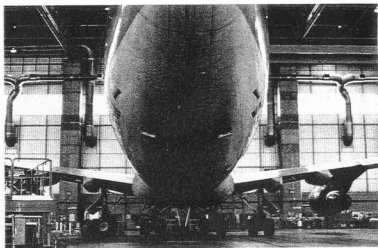
"La caja negra". Las aeronaves suelen tener dos:  
la FDR (Flight Data Recorder) que registra las 25  
últimas horas de los parámetros de altitud, aceleraciones,  
flaps,...; y la CVR (Cockpit Voice Recorder) que graba la  
voz en cabina de los últimos 30 minutos, y no puede ser  
borrado en vuelo. Además, no es negra, sino de color naranja.



Ahora, el interior después de pasar el control.



Torre de trabajo en uno de los hangares, donde se aprecia la increíble altura de las instalaciones.



Vista inferior de un Jumbo, a la espera de ser revisado.



Esta visión de las ruedas de un Jumbo da idea de las dimensiones de su tren principal de aterrizaje.



Francisco Javier Pérez Martínez.  
Mario Vicente Sarmiento Rivas

**ZWEEF**



## La popularización del automóvil con el modelo T

Los fantásticos atascos que son nuestra pesadilla hoy en día no habrían sido posibles sin la participación estelar de Henry Ford. Este tozudo hijo de granjero dedicó la mayor parte de su vida al automóvil y puso todo su empeño en hacerlo llegar a la gran masa, a pesar de la oposición de sus contemporáneos.

Carmen Cabrera Cortés

### LOS COMIENZOS

Allá por el año 1900 América no había descubierto aún la pasión por la velocidad. Mientras que en Europa el público se entusiasmaba en las grandes carreras con los ases del volante, en América eran pocos los privilegiados que tenían un auto y despertaba escaso interés en el resto de la población.

Se daba la circunstancia de que estos pocos privilegiados pertenecían en general a la segunda generación de aquellos hombres que habían acumulado grandes fortunas a finales del siglo pasado. Estos habían dejado a sus herederos la única, aunque difícil tarea, de dilapidarlas. Fue William K. Vanderbilt el primero que en medio de su trepidante actividad de despilfarro tuvo la idea de fundar un premio automovilístico: la Vanderbilt Cup. Una carrera anual y un trofeo de plata fueron el comienzo de este deporte en América.

La primera edición de este premio se celebró el 8 de octubre de 1904 a pesar de los pragmáticos americanos que protestaron por la utilización de sus carreteras para tan fútil propósito. Después del revuelo organizado, y en contra de todas las previsiones, la carrera fue un éxito completo. Unas 25.000 personas asistieron a la competición. Los más ansiosos se agolpaban

en la propia carretera esperando la llegada de los autos y listos para salir disparados en cuanto aparecieran. Desgraciadamente para muchos, en esa época se alcanzaban ya velocidades considerables. Este éxito propició otras carreras y una segunda edición.

### Corredores arriesgados como Vincenzo Lancia, que llegó a alcanzar los 160 km/h, les hicieron entusiasmarse por la velocidad pura.

En su corazoncito, los americanos empezaron a desear un automóvil.

### NUEVA YORK - PARIS

En 1908 se celebró una carrera que sería decisiva para la industria automovilística americana: la gran carrera Nueva York-París. Ésta era la mayor posibilidad de unir dos capitales extremas, muy al gusto de la tendencia colosalista americana. Recorrió todo el territorio americano cruzando por Alaska a Siberia, Rusia y varios países europeos. En total 38.820 kilómetros. Todo un récord incluso para nuestros días. Ya puede el lector suponer lo difícil que resultaba, no ya la organización de semejante evento, sino el propio control a lo

largo de todo él. El resultado fue que hubo innumerables trampas que comenzaron prácticamente con la salida.

Seis coches concurren a la convocatoria. Antes de llegar a Vladivostok quedaban en la competición únicamente un Thomas americano y un Protos alemán. Los americanos dominaron hasta llegar a Siberia, momento en que los alemanes se pusieron por delante y la carrera alcanzó su climax convirtiéndose en un verdadero autocross a toda velocidad. Después de mucha emoción y nervios los americanos entraron primeros en París donde la multitud los recibió entusiasmada.

### PROGRESO ESTADOUNIDENSE

Esto significó un importante triunfo para la industria americana que alcanzó un alto prestigio. En este año se fabricaron 65.000 autos, cifra considerable si pensamos que era aún un artículo de lujo. Pero lo más trascendental fue la aparición en el mercado, a finales de año, del Modelo T lanzado por una fábrica innovadora e inquieta que se convertiría en un verdadero imperio del automóvil: The Ford Motor Company.

El fundador de esta sociedad se llamaba Henry Ford. Luchó durante mucho tiempo

para realizar su sueño, considerado imposible por los demás: hacer llegar a la gran masa el automóvil. Pero el hecho es que lo consiguió. ¡y cómo!

#### ¿QUIÉN ERA FORD?

Nació el 30 de junio de 1869, cerca de Detroit. Su padre, William, era un granjero oriundo de Irlanda que deseaba, como buen padre, lo mejor para su hijo. Y lo mejor, a juicio de este hombre, era la agricultura: así que procuró inculcarle el oficio desde niño. Pero la tarea no le resultó nada fácil. Más bien imposible.

---

### No solo reparó el motor de OTTO sino que le impresionó de tal modo que decidió construir uno él mismo.

---

ya que Henry Ford vino al mundo con una afición innata por las máquinas. Ya desde pequeño se le ocurrió la idea de fabricar relojes en serie a precio reducido: pero la casa Waterbury se le adelantó y tuvo que olvidar sus planes. Su padre le envió a Detroit a los 16 años a trabajar de aprendiz de mecánico pensando que el trabajo duro le desanimaría. Pero Henry volvió a casa entusiasmado y, a pesar de que su padre le regaló algún terreno, no se emocionó ni un ápice por las semillas y decidió volver a Detroit.

Antes de cumplir los veinte años ya era un hábil mecánico de la Westinghouse Co. y se le iban encargando trabajos cada vez más difíciles. Un día de 1885 le encargaron el arreglo de un motor OTTO recién comprado que nadie sabía reparar. Este fue un momento importante en la vida de Henry Ford.

Estudió el motor a fondo y no solo lo reparó sino que le impresionó de tal modo que decidió construir uno él mismo.



#### PRIMEROS INTENTOS

En 1887 regresó a su casa para casarse con Clare Bryant, en cuyo honor construyó con sus propias manos su casa, donde, por supuesto, había un taller de mecánica. En 1889 fabricó su primer vehículo. Era monocilíndrico a vapor: pero no consiguió suficiente presión en la caldera y abandonó para volver a Detroit a trabajar como ingeniero en la Edison Illuminating Company. Siguió trabajando en su proyecto en sus ratos libres y en 1892 empezó a construir un cuadríciclo movido por un motor de dos cilindros, de cuatro tiempos, para gasolina, enfriado por agua, con transmisión por correa y diferencial. Lo terminó en 1896 pero se le había olvidado algo importante que planteó serios problemas: ¡poner la marcha atrás! Lo rehizo con un motor más potente y una marcha atrás y lo terminó en 1898. Se quedó tan satisfecho que decidió abandonar su estúpido puesto de trabajo para dedicarse a la construcción de automóviles. Un salto al vacío, puede parecer, pero Henry Ford demostraba una gran confianza en sí mismo y en sus ideas, y sabía además transmitir su ilusión a los que le rodeaban. Como prueba, una pequeña anécdota. Para ensayar su primer vehículo tuvo que derribar el muro del granero de su casero. Este fue a protestar decididamente: pero terminó

ayudando a Ford empujando el aparato.

#### SU PRIMERA EMPRESA

Así era Ford, y no le costó demasiado trabajo fundar la Detroit Motor Company. Para ello construyó un nuevo automóvil y acudió a sus conocidos, que le respaldaron. Sin embargo no tuvo mucha suerte en este primer intento y terminó perdiendo la empresa, que fue a parar a manos de Henry Leland. Este la rebautizó con el nombre de Cadillac en honor de Antoine de la Moltre Cadillac, el explorador francés que fundó Detroit en 1701.

Estamos en 1901 y Ford ya sabe que no se puede vender coches si no se ganan carreras o se hace algo espectacular. Construyó un automóvil que había de servir para todo menos para ser vendido: el Modelo 999. Obtuvo un éxito en una competición de Great-Point y de nuevo, Ford consiguió el apoyo de los capitalistas.

---

### El primer objetivo que Ford se forjó, como gerente y Director técnico de la sociedad, fue alcanzar una producción de diez coches diarios.

---

#### COMPETICIÓN FUERTE

De este modo en 1903 fundó la Ford Motor Company con el propósito de fabricar coches que sí pudiese vender. Con unos 10 socios fundadores y un modesto capital de 28000 US\$ se lanzaron a la construcción del primer modelo de la marca, el Model A, de dos cilindros y 8 CV de potencia. Se vendió al precio de 950 US\$.

La situación no era fácil. Ford entró como debutante en un mercado dinámico con algunos grandes jugadores con experiencia y cientos de productores amateurs. Ford trataba de encontrar un proyecto de automóvil que fuera seguro, fuerte y simple. Ya en 1904, Ford ensayó el Modelo B, de cuatro cilindros; y poco más tarde el Modelo C y el Modelo F. Ya que Ford sabía que sin publicidad no se venden coches, utilizó un descendiente del Modelo 999 para batir el récord de la milla sobre hielo y consiguió así aumentar las ventas en 1905. Sin embargo Ford decidió no participar en la Vanderbilt Cup, la carrera más importante en los Estados Unidos en esta época. Esto redujo las ventas en 1906 y aún más en 1907, lo que impulsó a cinco de los principales accionistas a deshacerse de las acciones de la Ford. Para Ford esta era la oportunidad esperada de ganar el control de su empresa. Sin vacilar comenzaría a poner en práctica sus ideas geniales que a los otros accionistas les parecían demasiado extravagantes.

Adelantándose a su tiempo, entendió que sólo podía vender muchos coches si se rebajaba su precio, y la única manera de rebajar el precio de venta era fabricar coches en cantidades grandes. Así que Ford comenzó a



### ¿ Una producción diaria de 1000 coches con ventas anuales de 8500 coches ?

preparar sus instalaciones a fin de poder alcanzar una producción diaria de mil coches. Idea un poco extraña si se piensa que en este momento las ventas anuales de Ford no superaban los 8500 coches.

Mientras tanto, Ford no paraba la evolución de sus modelos hacia un automóvil robusto y sencillo que se pudiera vender a un precio razonable. Y para Ford razonable significaba muy inferior con respecto a lo que había en el mercado. En 1908, después de los modelos R y S, que valían 700 US\$ pero resultaban demasiado simples, Ford lanzó al mercado un modelo mejorado. Fue el legendario Modelo T. Después de las pruebas de rigor, Ford consideró que el Modelo T reunía todas las condiciones que podía soñar el norteamericano medio. Era sencillo de reparar y de conducir, relativamente robusto y lo suficientemente potente. Ford

sabía además que la cifra de 850 dólares era susceptible de ser rebajada si lograba introducir en su fábrica un sistema de trabajo en serie. Lo tenía estudiado todo minuciosamente.

### PRODUCCIÓN EN SERIE

A través de una

normalización de los sistemas de producción y de todas las piezas lograba una gestión de la producción muy innovadora. Gracias a su hijo Edsel Bryan esta operación resultó un éxito perfecto y ya en 1913 la Ford Motor Company trabajaba en cadena. Con ayuda de una poleas y de un cable de acero transportaba los chasis a lo largo de toda su fábrica. Allí se hallaban dispuestos los obreros, encargados de un único cometido, montar cada uno una sola pieza o un sólo conjunto de ellas.

El Modelo T, que llegaría a venderse a 290 dólares en sucesivas y frecuentes rebajas, llegó a fabricarse en más de quince millones de unidades.

La fábrica Ford Motor Co. lo mantuvo en fabricación hasta 1921. El Ford T inició una nueva época en la Historia del automóvil, época que perdura hasta nuestros días.

# GPS

Unas siglas que nos asaltan desde los rincones más inesperados de nuestra realidad cotidiana. Lo utilizan los pilotos del Rallye Granada-París-Dakar para no perderse en el desierto, mientras en las pantallas del centro de control del Ayuntamiento de Alcobendas cuatro vehículos de la Policía Local permanecen identificados constantemente en posición y velocidad gracias a este sistema.

Del cielo a la tierra, del mar al desierto... ¿qué es y cómo funciona el Global Positioning System

Gregorio Ángel Cuesta Ribagorda

## PRÓLOGO

La irrupción, dentro del mundo actual y en particular, del sector aeronáutico, de la posibilidad de navegar por un sistema integrado por satélites, ha supuesto la revisión de todos los sistemas de navegación existentes hasta el momento.

El GPS desplazará, si no ha desplazado actualmente, a los sistemas de navegación por estima. Estos sistemas son incapaces de competir con las precisiones aportadas por el GPS. Incluso puede dejar obsoletos a sistemas de ayudas a la navegación en ruta, tales como el VOR, TACAN, DME, NDB, ..., debido a los datos que proporciona a la aeronave.

Tan solo en el caso de las ayudas a la navegación en la maniobra de aproximación a un aeropuerto, el GPS da unas precisiones que no se ajustan a las exigidas por los organismos internacionales aeronáuticos (OACI). La combinación y la creación de nuevas técnicas teniendo como base la

utilización del sistema GPS, pueden generar precisiones más exigentes (GPS diferencial). Con ello, existe una discusión

## El GPS desplazará a los sistemas de navegación por estima. Incluso puede dejar obsoletos a sistemas de ayudas a la navegación en ruta.

en los foros aeronáuticos sobre la posibilidad de sustituir los sistemas de aproximación a un aeropuerto (ILS, MLS) por estas técnicas basadas en la navegación por satélites.

Pero esta polémica queda lejos de las intenciones de este artículo y puede ser motivo

de reportaje venidero.

## PRECURSORES HISTÓRICOS DEL SISTEMA GPS

El hombre ha utilizado a los cuerpos celestes para la navegación desde hace cientos de años. Cuerpos celestes, tales como el Sol, algunas estrellas (constelación de la Osa Menor, con su Estrella Polar que señala el Norte), la Luna y los planetas del Sistema Solar; constituyen los elementos básicos de la navegación marítima para aquellos marineros que surcaban los mares de la Tierra en busca de nuevos territorios que explorar en la superficie terrestre.

Posteriormente el empleo del sextante, el compás y las tablas de navegación junto con la integración de relojes mejoraron las condiciones de la navegación de un modo muy significativo.

El lanzamiento del satélite ruso Sputnik I en 1957 supone el comienzo de la utilización de los satélites artificiales en las ayudas a la



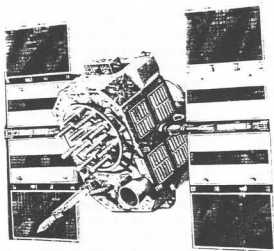
navegación. Pero fue la puesta en órbita de satélites meteorológicos la que precedió a la navegación por satélite; éste es el único sistema que permite conocer la posición y velocidad de un móvil cualquiera que circule por la superficie o la atmósfera terrestre, gracias a que combina los métodos de navegación celeste con los sistemas de navegación terrestres.

En 1967 la U.S. Navy desarrolló el TRANSIT, un sistema de posicionamiento por satélite para ayuda a la navegación naval integrado por seis satélites de baja órbita. Basado en la medición del desplazamiento Doppler en baja frecuencia, los niveles de precisión no eran demasiado buenos. El Departamento de Defensa de E.E.U.U. (DoD), con el propósito de mejorar este sistema de navegación y de establecer las bases de un nuevo sistema que diese soporte a la navegación militar y a la civil por extensión, ideó un plan que cubriese las necesidades de fijar una referencia precisa de tiempo para facilitar las técnicas de navegación por satélite de aquel momento. La U.S. Air Force efectuó los primeros estudios de diseño en un proyecto que se denominó 621B, mientras la U.S. Navy desarrollaba un sistema de navegación/tiempo por satélite, el TIMATION.

A partir de 1973 se empezó a desarrollar el proyecto de la constelación NAVSTAR/GPS que resume los trabajos realizados por la U.S. Navy y la U.S. Air Force. Es así como, fruto de la Guerra Fría, se inician los trabajos que han culminado con la puesta en marcha del sistema de posicionamiento global (GPS).

## 1.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA GPS.

El sistema global de



posicionamiento GPS consta de tres segmentos fundamentales: segmento espacial, segmento de control y segmento usuario. Se van a analizar cada uno de estos segmentos por separado.

### 1.2.1. segmento espacial.

Está integrado por 24 satélites, de los cuales 21 están operativos y los tres restantes se encuentran en un status de reserva. Están dispuestos en 6 órbitas casi circulares (excentricidad  $< 0,01$ ), con inclinaciones

**El segmento espacial está integrado por 24 satélites, de los cuales 21 están operativos y los tres restantes se encuentran en un status de reserva**

de  $55^\circ$  y separadas  $60^\circ$  en el plano del Ecuador. Cada órbita engloba a cuatro satélites equiespaciados entre sí y situados a una altura de 20180 Kilómetros respecto al Ecuador medio. El periodo de las órbitas descritas por

estos satélites es de 12 horas sidéreas, es decir de 11 horas 57 minutos y 58,3 segundos.

Debido a la altitud de los satélites, éstos pueden ser observables desde una amplia extensión de la superficie terrestre aunque normalmente sólo empiezan a ser observables una vez que han superado un cierto ángulo vertical, la llamada máscara y cuyo valor es establecido por el receptor o seleccionado en su defecto (ángulo de máscara  $10^\circ$ ). Esta máscara se emplea para atenuar las distorsiones producidas por la refracción troposférica, que es más acusada cuanto menor sea el ángulo de elevación del satélite respecto al horizonte del usuario.

Cada satélite contiene un conjunto de relojes de alta precisión (generalmente de Cesio, Rubidio o de Meser de Hidrógeno) que originan la frecuencia fundamental de 10,23 MHz, a partir de la cual se derivan las frecuencias de todas las transmisiones de los satélites.

Multiplicando la señal fundamental de frecuencia 10,23 MHz por 154 y por 120 se obtienen las frecuencias de las dos portadoras necesarias para que el satélite pueda enviar la información requerida. Así pues a la primera portadora se la llamará L1 y tendrá una frecuencia de 1575,42 MHz, ( $10,23 \times 154$ ), mientras que a la segunda portadora, a la que se le nombra como L2, se le atribuirá un frecuencia de 1227,60 MHz, ( $10,23 \times 120$ ).

La portadora L1 es modulada en fase por una combinación del llamado Mensaje de Navegación y de dos códigos gene-

rados por el satélite, los códigos C/A y P. La portadora L2 es modulada en fase por una combinación del Mensaje de Navegación y el código P.

A continuación se van a estudiar cada una de las señales que modulan en fase a las portadoras L1 y L2.

#### a) Mensaje de navegación (NAVDATA).

Es transmitido a una velocidad de 50 bits por segundo. Cada mensaje consta de 25 páginas o tramas, que constituyen la trama maestra y que tardan 12,5 minutos en transmitirse. Cada una de estas tramas consta de 5 subtramas de 30 segundos, y cada subtrama se divide en 10 palabras de 30 bits cada una de 0,6 segundos de duración.

Este mensaje transmite información sobre los siguientes parámetros:

- Parámetros orbitales del satélite ( eferméride ).
- Información temporal y del estado del reloj del satélite.
- Parámetros que permita efectuar las correcciones pertinentes debidas a las perturbaciones sufridas por las señales a su paso por la ionosfera y la troposfera.
- Información sobre la salud del satélite.
- Información para transformar el código P al código secreto Y.
- Información sobre los parámetros orbitales de la constelación completa, el llamado almanaque, que es generado por la Estación Maestra de Control y transmitido a cada uno de los satélites, que a su vez volverán a emitir dicha información.

La validez de estos datos es de cuatro horas, aunque el sistema GPS los renueva cada hora.

#### b) Código Ruido Pseudoaleatorio.

Tanto el código C/A, como el código P son códigos de ruido pseudoaleatorio. El código pseudoaleatorio usado en el GPS es generado por un algoritmo cuidadosamente especificado. Los códigos idénticos son generados tanto en el satélite como en el receptor con el objeto de seguir la señal.

La principal ventaja de usar los códigos pseudoaleatorios es la de poder capturarlos siempre en presencia de señales interferentes de la misma frecuencia, lo que permitirá que todos los satélites emitan a la misma fre-

Acto seguido, se van a estudiar los códigos C/A y P de un modo separado.

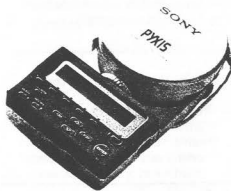
#### b.1) Código C/A.

Es accesible a todos los usuarios GPS. Consiste en un flujo pseudoaleatorio de códigos binarios de 1.023 Mbps que se repite cada milisegundo y no contiene información. El código C/A es propio de cada satélite, lo cual hace posible distinguir las señales recibidas simultáneamente procedentes de éstos.

El código C/A permite la sincronización precisa de tiempo y de lectura del Mensaje de Navegación, además de poder ser empleado para la adquisición del código P. Al ser fácil de conseguir, el código admite que se efectúen posicionamientos rápidos del receptor pero con una precisión media (posicionamiento standard SPS ).

#### b.2) Código P.

Es el código que proporciona la precisión del sistema. Se trata de un código protegido al que sólo tienen acceso usuarios autorizados por el DoD y consiste en una secuencia pseudoaleatoria de códigos binarios, generada matemáticamente a partir de otros dos códigos del mismo índole. Este código se repite cada 37 semanas por lo que es posible asignar secuencias semanales distintas de este código a los distintos satélites con lo que les permiten ser identificados, puesto que cada uno de ellos tiene asignada una secuencia determinada.



Hoy en día es fácil adquirir un sistema GPS en las tiendas de productos electrónicos. El modelo aquí representado proporciona una exactitud en velocidad de 0.56 kms./h., y en posición entre 30 y 100 mts. Pesa, con baterías, 560 grs. y cuesta algo más de 100.000 ptas.

cuencia, puesto que los códigos C/A y P proporcionarán la identificación de cada satélite y producirá las marcas de distancia adecuadas a partir de las cuales se obtendrá la distancia satélite / usuario.

Todos los códigos se inicializan una vez por semana.

---

**El segmento de control se sitúa en la superficie terrestre en cinco estaciones localizadas en Colorado Springs, Ascensión, Diego García, Kawajelein y Hawai.**

---

de la noche del Sábado al Domingo; por lo que se dispondrán de 37 secuencias semanales distintas. Al haber más secuencias que satélites, las secuencias restantes se emplean para ser transmitidas por estaciones de Tierra.

El acceso del código P se consigue a través del código C/A mediante la información recogida en el NAVDATA. Gracias al empleo del código P se consigue un posicionamiento preciso (PPS) con un error de precisión de pocos metros.

### 1.2.2. Segmento de control.

El segmento de control se sitúa en la superficie terrestre en cinco estaciones. Dichas estaciones están separadas entre sí una longitud de superficie terrestre menor de 90°. Estas estaciones están localizadas en Colorado Springs, Ascensión, Diego García, Kawajelein y Hawai.

Cada una de estas estaciones no tienen la misma funcionalidad. Las misiones que deben de cumplir estos puntos son las que aparecen a continuación:

• **Estaciones supervisoras.** Esta misión se la reparten las cinco estaciones. Cada una de ellas tiene un funcionamiento automático, con una capacidad para efectuar el seguimiento de un número máximo de nueve satélites. En su funcionamiento realizan las siguientes tareas:

1. Solución estacionaria de las ecuaciones de navegación.
2. Verificación de las efemérides y de los relojes de los satélites.
3. Generar mensajes de meteorología.
4. Generar los mensajes de observaciones y los cálculos realizados.
5. Verificación del estado de salud de cada estación. Autotest.

• **Estación de control.** Únicamente hay una estación de Control, ésta corresponde a la estación sita en Colorado Springs. Su propósito principal es el de generar las correcciones periódicas que han de enviarse a los satélites, con el fin de preservar el correcto funcionamiento del sistema global.

Para poder cumplir esta misión, cada estación supervisora manda información a la estación de control. Con ello, se establece una comunicación supervisora (Full Duplex), con una velocidad de transmisión de 9600 bits por segundo. La estación de control debe determinar si los datos que le llegan son los correctos o son datos que se deben de corregir.

Una vez recibidos estos datos, la estación calculará los errores de posicionamiento de los satélites y predecirán las futuras posiciones de los satélites basados en la información actual

---

**Hay tres estaciones transmisoras, son las que se encuentran en Ascensión, Diego García y Kawajelein. Transmiten los parámetros de los mensajes de navegación a los satélites, tres veces al día.**

---

(empleo de filtros recurrentes de Kalman).

Con toda esta información originará los mensajes a enviar a las estaciones transmisoras, con el fin que éstas lo emitan a los satélites indicados.

• **Estaciones transmisoras.** Hay tres estaciones transmisoras, son las que se encuentran en Ascensión, Diego García y Kawajelein. Transmiten los parámetros de los mensajes de navegación a los satélites, tres veces al día.

La transmisión Tierra-Aire se realiza con ondas pertenecientes a la banda S. Las frecuencias que se emplean son las correspondientes a los valores 2227.5 MHz. y 1873.74 MHz., con unas velocidades comprendidas en el margen (400, 5000 bits por segundo). Este mensaje se emite de modo encriptado, para evitar posibles decodificaciones que hagan peligrar la seguridad de los satélites.

Estos mensajes, se cargan en los bancos de memoria que poseen los satélites. Todo este procedimiento debe incluir una verificación de que los mensajes que se han mandados y que se han recibidos, lo hayan hecho de forma correcta.

### 1.2.3. Segmento usuario.

Este segmento está integrado por los instrumentos empleados para hallar las coordenadas de un punto, permitir la navegación de un móvil o adquirir tiempo con precisión de oscilador atómico. Dichos instrumentos son los receptores de señales GPS.

El receptor de señales GPS tiene estas funciones esenciales:

1. Identificación y seguimiento de los códigos pseudoaleatorios (código P y C/A).

2. Determinar la pseudodistancia ( SD ) del usuario al satélite.

3. Decodificar las señales de datos ( NAVDATA ).

4. Aplicación de correcciones.

5. Determinación de la posición y velocidad del usuario.

6. Validación de los resultados obtenidos y almacenamiento en memoria.

de las señales que emiten los satélites del segmento espacial.

• **Receptor-Procesador.** El cometido de esta parte que compone el segmento usuario se puede dividir en dos tareas:

**1. Procesador de señales.** En este procesador se sincronizan las frecuencias recibidas de un satélite con las generadas

• **Unidad de presentación.** Habitualmente son de tipo cuarzo líquido. Presenta la posición del usuario, dando los datos de Latitud, Longitud y Altura (  $\phi$ ,  $\lambda$  y H ) respecto al sistema convencional de referencia terrestre WGS-84.

El usuario tiene la opción de introducir unos puntos de referencia determinados que permita al procesador calcular el rumbo a seguir. Con esta modali-



7. Presentación de la información.

El receptor de señales GPS está formado por una antena, un receptor-procesador, unidad de control y una unidad de presentación. Se va a ilustrar cada una de las partes en un breve resumen que aclarará las funciones de cada uno.

• **Antena receptora.** Se intentará utilizar antenas que posean un diagrama lo más isotrópico posible desde el horizonte hasta el cenit. Será un diagrama de forma semiesférica, con el fin de abarcar todo el campo de recepción

internamente por el receptor, (las amplitudes y las fases deben ser iguales ). Además se debe sincronizar los códigos pseudoaleatorios originados de un modo interno por el receptor con los códigos procedentes del satélite.

**2. Procesador de datos.** Esta parte cumple con los siguientes objetivos:

- ◆ Gobernar el receptor.
- ◆ Seguimiento del satélite.
- ◆ Correcciones a efectuar para alcanzar la máxima precisión posible.
- ◆ Cálculo de la posición.

dad, la unidad de presentación nos informará de la desviación con respecto al rumbo convenido, la distancia hasta el punto de destino y el tiempo estimado al punto de destino.

• **Unidad de control.** Esta unidad dispone de tres posiciones para el selector.

**1. Automático.** Sigue a cada uno de los satélites a la vista, calculando y linealizando las pseudodistancias.

**2. Reserva.** Existe la opción de almacenar la información y reducir el tiempo de pre-



sentación de la siguiente información requerida.

3. **TLM.** Posibilidad de arrancar el sistema desde el exterior mediante disquetes, dando los datos de efemérides de los satélites.

### 1.3. Determinación de la posición del receptor.

Partimos del conocimiento de la posición de cada satélite. Si el usuario sólo avista un satélite, su posición quedaría en un punto de la esfera de radio la distancia que hay desde el satélite hasta el usuario. Si el receptor observará a dos satélites, su posición estaría en la circunferencia intersección de las dos esferas que determina cada satélite. En el caso de divisar a tres satélites, la posible solución se limitaría a dos puntos y aunque se puede pensar que hay ambigüedad por tener las dos posibles soluciones, dicha incertidumbre se elimina puesto que una de las posiciones dadas por los dos puntos es un absurdo. Así pues, en una primera aproximación con la ayuda de tres satélites y la posesión de un receptor GPS, tendríamos delimitada nuestra posición.

El sistema de coordenadas utilizado para referenciar la posición del usuario es el sistema de coordenadas WGS-84. Este sistema tendrá su origen en el centro de masas de la Tierra, el eje  $Z_G$  es paralelo a la dirección del Polo Norte dado por el BIH (Bureau International de l'Heure); el eje  $X_G$  viene dado por la intersección del plano ecuatorial con el meridiano de referencia BIH y por último el eje  $Y_G$  forma un triédro a derechas con los otros dos.

Para medir la distancia a un satélite se emplea el concepto de **PSEUDODISTANCIA**. Sabemos que las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad

de la luz. Si fuera posible conocer con exactitud el instante de tiempo en el que el satélite empuja a emitir su señal y el instante en el que recibe el receptor la señal, la determinación de la distancia vendría dada por la ecuación  $v = s/t$ .

Para medir esos tiempos de inicio y final del trayecto de la señal son necesarios relojes muy precisos con estabilidades diarias muy pequeñas. El costo de estos relojes es muy elevado, por lo que tan sólo se encuentran en los satélites, mientras que los receptores disponen de relojes de menor precisión que no garantizan el preciso sincronismo entre ambos relojes. Por ello se trabajará con pseudodistancias, puesto que el tiempo medido del trayecto de las señales no es el real.

Por ello en los cálculos matemáticos destinados a calcular la posición del usuario, aparecerá una nueva incógnita dada por el llamado Offset del reloj del

---

**Para medir la distancia a un satélite se emplea el concepto de PSEUDODISTANCIA, puesto que el tiempo medido del trayecto de las señales no es el real.**

---

usuario que llevará a la necesidad de tener que disponer de 4 satélites para permitir la correcta determinación de la posición del receptor. La ecuación que liga la pseudodistancia con la distancia real será la siguiente:

$$d_i = R_i + c \Delta t_i$$

Donde los símbolos empleados en la ecuación significan:

$d_i$  = Pseudodistancia del satélite al receptor.

$R_i$  = Distancia real del satélite al receptor.

$c$  = Velocidad de la luz (300.000 Km / h).

$\Delta t_i$  = Offset del reloj del usuario, de valor desconocido.

El satélite genera los dos códigos pseudoaleatorios, los códigos P y C/A, mientras que la mayoría de los receptores sólo replicará el código C/A. Esta disposición fue adoptada por el DoD, como medida de protección hacia enemigos de los EEUU (no se tiene que olvidar que el sistema está controlado por el ministerio de Defensa de los EEUU). De esta manera se aseguran que la precisión de la posición de un usuario que sólo puede generar el código C/A en su receptor se va a ver degradada en unos 100 metros. En el caso de poseer la capacidad de poder generar los dos códigos la precisión aumenta y sólo tendremos errores del orden de 1 metro. Esta situación permitirá hablar de receptores con **DISPONIBILIDAD SELECTIVA** y receptores sin **DISPONIBILIDAD SELECTIVA**. Los primeros sólo podrán replicar el código C/A y los segundos tienen la facultad de producir los dos códigos.

El receptor va a generar el código C/A que posee en la memoria. A la vez recibe el código C/A del satélite que está observando. Al recibirlo se observa un desfase entre el código generado por el receptor y el recibido proveniente del segmento espacial. Para que ambas fases coincidan se le aplica un retraso a la señal originada en el receptor, hasta que la diferencia de fases se anula. El tiempo del retardo permitirá conseguir la pseudodistancia que se busca.

En conclusión, la determinación de la posición de un usuario viene dada por el avistamiento de 4 satélites y se va a basar en la técnica de empleo de las pseudodistancias.

El diseño del Lockheed SR-71 "Blackbird" data del año 1958 cuando la CIA comprobó que con sus aviones de reconocimiento no podía seguir sobrevolando impunemente el territorio de la U.R.S.S. dado que los soviéticos habían progresado en la construcción de misiles tierra-aire de mayor alcance y en el desarrollo de interceptadores de mayor cota. Esto se confirmó posteriormente con el derribo del Lockheed U-2 de Gary Powers el 1 de mayo de 1960 en las cercanías de Sverdlovsk.

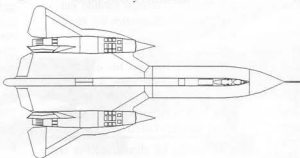
## LOCKHEED SR-71: EL PÁJARO NEGRO

José González Alonso

El desarrollo perseguido era el de un avión que volase a alta cota y a alto número de Mach, además de tener un gran alcance. Y se consiguió. Diseñado para sustituir al Lockheed U-2, que era por entonces el avión de reconocimiento estratégico de la USAF, el SR-71 ha realizado misiones a lo largo de todo el mundo (China, Cuba, Corea del Norte...) y nunca ha sido derribado. El primer SR-71 estuvo operativo en la USAF en 1968, y hoy continúa realizando misiones de inteligencia desde su base, la Beale Air Force Base en California, y los destacamentos en el extranjero: la Royal Air Force Mildenhall en Inglaterra y la Kadena Air Force Base en Okinawa.

Para conseguir una gran autonomía se optó por primar la baja resistencia en vuelo de crucero en detrimento de la maniobrabilidad y cualidades a la hora del aterrizaje. Obtener una baja resistencia a Mach 3 obligó a la adopción de una ala en delta con fuerte flechamiento. Debido a que los motores y fuselaje se proyectaban notablemente por delante del ala se dotó al avión de extensiones laterales del fuselaje

para que actuasen como superficies adicionales de sustentación y mejoraran la estabilidad direccional además de proveer de un mayor espacio para carburante y sensores.



Debido a la pérdida de eficacia que presentan los empenajes verticales convencionales con la configuración de ala en flecha y para ángulos de ataque elevados, este avión está dotado de dos derivas situadas en las góndolas de los motores. Esta configuración contribuye a minimizar cualquier asimetría motriz y su inclinación reduce el alabeo del avión.

### Soluciones a las altas temperaturas.

Uno de los mayores problemas que tiene este avión es el del calentamiento que se produce por fricción, que además varía

notablemente en función del punto considerado, lo que ocasiona unos gradientes térmicos elevados. Así a velocidad de crucero las temperaturas oscilan entre los 425° de los bordes de ataque y tomas de aire hasta los 230° de las alas y el fuselaje. Las temperaturas máximas se alcanzan en los revestimientos de la parte trasera de las góndolas de los motores: hasta 600°.

Al tener que soportar temperaturas tan elevadas, el 93% de la estructura es de titanio, lo que encarece en gran medida el avión. Entre las aleaciones de este material utilizadas se encuentran la Beta B.120 y otras como el Hastelloy y René 41.

Otro problema añadido, es el combustible, ya que a esas temperaturas sería peligroso operar con combustibles convencionales. Se recurrió a un nuevo combustible, el JP-7,

**Las temperaturas máximas se alcanzan en los revestimientos de la parte trasera de las góndolas de los motores: hasta 600°.**

cuyos vapores son de escasa presión, siendo por tanto ideal para usarse a elevadas temperaturas. El avión transporta del orden del 45.000 litros de combustible en sus depósitos. Al igual que el combustible, tampoco se podían usar los aceites y líquidos hidráulicos convencionales. El aceite usado en el motor debe ser precalentado a 30° antes de cada vuelo debido a la alta viscosidad que presenta a temperatura ambiente, que haría imposible el trasiego por las bombas que lo distribuyen al motor. Los fluidos hidráulicos, sintéticos al igual que el aceite, son prácticamente sólidos por debajo de los 30°.

Los revestimientos alares son corrugados longitudinalmente para evitar los problemas de dilatación térmica de las alas. Este revestimiento presenta ciertas tolerancias a la expansión por lo que en tierra se filtra gran cantidad de

alas. A pesar de esto los neumáticos deben estar revestidos de plata e impregnados de aluminio en polvo, además de estar inflados con nitrógeno.

La razón de que el avión este pintado de azul oscuro de alta emisividad es la de reducir la temperatura superficial hasta en 30° en vuelo de crucero.

#### En vuelo.

Tanto el piloto como el Oficial de sistemas de reconocimiento (RSO) llevan asientos eyectables del tipo cero-cero, es decir, que pueden eyectar al piloto a velocidad cero y altura cero (avión parado en tierra).

---

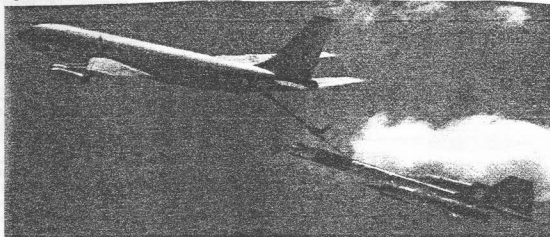
**Los neumáticos están revestidos de plata e impregnados de aluminio en polvo, además de estar inflados con nitrógeno.**

---

del compresor hasta el postcombustor. Pero este motor, único de su tipo en el mundo, cambia a otro ciclo al sobrepasar los 3.200 Km/h.: en ese momento el sistema salva el compresor convencional para pasar a actuar el motor como estatoreactor.

Un motor turboreactor convencional sigue el ciclo Brayton. En el motor se pueden distinguir varias partes claramente diferenciadas: la primera etapa, llamada de compresión dinámica, se produce en la toma del motor. En ella el aire procedente de la atmósfera entra en el motor por la toma. Su misión de transformar parte de la velocidad del aire en presión de remanso además de homogeneizar la corriente fluida antes de entrar en la siguiente etapa.

Cuando el avión vuela a Mach superior a 1 la toma es la



combustible de los depósitos alares. Una vez en vuelo estas grietas se sellan perfectamente. Y para evitar problemas térmicos en las alas, durante la ascensión inicial se consume el combustible alojado en las mismas.

Los aterrizadores principales se pliegan hacia el fuselaje donde pueden ser refrigerados mejor que en las

Lleva dos motores Pratt & Whitney J58, un turboreactor monoéje con postcombustor, con un empuje unitario en seco de 13.600 Kg. y 14.740 con postcombustión, lo que le permite alcanzar su máxima velocidad de crucero: Mach 3,31. Cuando actúa como turboreactor convencional el aire se deriva desde la cuarta etapa

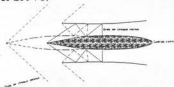
encargada de transformar una corriente supersónica en subsónica, ya que cuando la corriente pasa por la garganta de la toma (lugar de mínimo diámetro de paso) se produce un bloqueo sónico debido al cual la toma no puede admitir más gasto de aire (el gasto de aire se define como la masa de aire que entra en el motor en la unidad de tiempo y sus unidades son el

Kg/s). En esta situación tenemos un Mach igual a 1 en la garganta.

### Flujo supersónico.

La forma de pasar de una corriente supersónica a una subsónica es a través de una onda de choque. El inconveniente es que es un fenómeno altamente disipativo donde hay fuertes pérdidas. Brevemente podemos decir que las ondas de choque son de dos tipos : oblicuas y normales.

Las ondas de choque oblicuas son las que forman una determinado ángulo con la corriente incidente mientras que las normales forman un ángulo de 90°. En las normales es en las que se produce una mayor reducción del número de Mach pero por contra es donde mas pérdidas hay. Generalmente el paso desde la corriente supersónica a una sónica o subsónica se hace a través de varias ondas de choque. Primero se pasa a través de una o varias oblicuas para finalmente hacerlo a través de una normal. En el siguiente esquema vemos el caso simplificado que podría darse en el SR-71.



Las tomas tienen el cono central móvil, con un movimiento automático compensar distintos ángulos de ataque. El recorrido es de 90 cm para adecuarse a la mejor configuración de ondas de choque posibles y conseguir menores pérdidas en la presión de remanso. La potencia necesaria para mover el cono es casi la potencia máxima del motor. La

Presión de remanso se define como:

$$P_t = P_o \cdot \left( 1 + \frac{V^2}{2 \cdot C_p \cdot T} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

Donde  $P_o$  es la presión estática,  $T$  es la temperatura estática y  $V$  es la velocidad de vuelo. Si tenemos en cuenta que las ecuaciones de la velocidad del sonido  $a$  y el número de Mach nos queda :

$$a = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

$$M = \frac{V}{a}$$

$$P_t = P_o \cdot \left( 1 + \frac{\gamma-1}{2} \cdot M^2 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

Una vez pasada la compresión dinámica, el fluido entra en el compresor, el cual aumentará tanto su temperatura como su presión de remanso. La temperatura de remanso se define como:

$$T_t = T \cdot \left( 1 + \frac{\gamma-1}{2} \cdot M^2 \right)$$

La potencia necesaria

para hacer esto la toma el compresor de la turbina, que la obtiene del fluido que la atraviesa. Una vez que el fluido a pasado a través del compresor y ganado temperatura y presión de remanso, llega a la cámara de



combustión, donde por medio de una combustión química a presión casi constante se aumenta grandemente la temperatura de remanso, permaneciendo con poca variación la presión de

remanso. Seguidamente el fluido pasa por la turbina donde pierde temperatura y presión de remanso. Posteriormente llega al postcombustor (el cual puede estar encendido o no) donde se quema cuando es necesario combustible adicional, aumentando así mas la temperatura de remanso de la mezcla. A continuación el fluido se expandiona en la tobera. El empuje que da el motor responde a la formula :

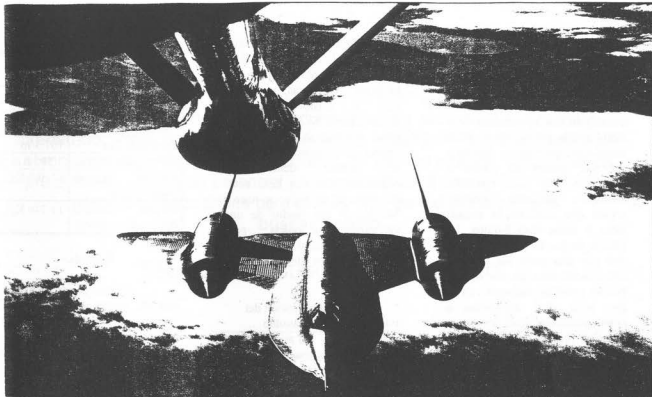
$$E = \dot{m} (V_s - V_o) + A_s \cdot (P_s - P_o)$$

Donde  $\dot{m}$  es el gasto masico de aire que atraviesa el motor,  $V_s$  es la velocidad de salida de los gases por la tobera,  $V_o$  es la velocidad del avión,  $P_s$  es la presión de salida y  $P_o$  es la atmosférica a la altura de vuelo, siendo  $A_s$  el área de salida. Cuando el ultimo termino es nulo se dice que tenemos la tobera adaptada. La tobera es de geometría variable para funcionar en las condiciones que proporcionan el empuje adecuado a cada condición de vuelo.

### El encendido de los motores debe hacerse químicamente inyectando borato triélico.

Un motor estatorreactor es un motor en el que se ha suprimido el compresor y la turbina ya que con la compresión dinámica ya tenemos el fluido en las condiciones necesarias para su funcionamiento. Como se habrá observado un estatorreactor no puede funcionar en tierra sino que necesita una elevada velocidad inicial para iniciar su funcionamiento.

El hecho de que el combustible JP-7 no se evapore



fácilmente, además de ser poco inflamable, obliga a que el encendido de los motores deba hacerse químicamente inyectando borato trietilico.

Se cree que se construyeron 32 de estos aparatos, aunque nunca hubo mas de 10 de ellos operando simultáneamente. De toda la flota, 11 se han perdido en accidentes y 10 continúan en la reserva. Los pilotos que deseen

acceder a este tipo de aviones deben acreditar 1.500 horas de vuelo en reactores militares. Por supuesto deben pasar unas muy severas pruebas físicas.

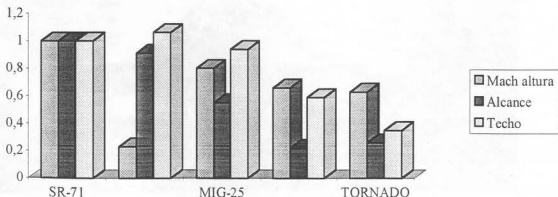
Para el repostaje de estos aviones hay cisternas especiales

que son los Boeing KC-135Q Stratotanker los cuales llevan el combustible especial JP-7.

La computadora de vuelo inicialmente analógica era una Honeywell. El vuelo está esencialmente gobernado en la mayor parte de mismo por el piloto automático.

**A pesar de ser un diseño con un cuarto de siglo a sus espaldas, continúa siendo el avión militar más rápido del mundo**

### Comparación con otros aviones



### Pasado, presente y futuro.

En la etapa actual cabría preguntarnos si es rentable realizar el reconocimiento estratégico con aviones tan caros como pueda ser el SR-71 o su posible sucesor todavía secreto y del que apenas hay datos a excepción de su nombre "Aurora", teniendo satélites sepias que realizan la misma labor y salen mas baratos. La posible respuesta es múltiple, ya que por una parte los satélites están localizados en sus órbitas por los posibles enemigos con lo que sería fácil destruirlos o simplemente evitarlos, ya que al describir órbitas conocidas, en todo momento podemos conocer su posición. En segundo lugar, aunque podemos variar la órbita de los satélites este es un proceso lento y costoso y no siempre da buenos resultados. En cambio haciendo uso de aviones tenemos una mayor flexibilidad de uso ya que los podemos mandar a cualquier parte y en cualquier momento.

El SR-71 es capaz de vigilar 259.000 Km<sup>2</sup> cada hora. Cada misión se planea con todo detalle. Empiezan a prepararse al menos con un día de antelación,

poniendo a punto la electrónica del avión. La tripulación lleva trajes similares a los de los primeros astronautas, y durante toda la misión consumirá oxígeno puro. Es imprescindible pasar un tiempo antes de la misión adaptándose al mismo. Los motores tienen que encenderse casi una hora antes del vuelo. El despegue se hace a 740 Km/h por medio de una ascensión escalonada para ahorrar combustible, el cual se reposta al poco de realizar el despegue.

La compensación del avión se logra trasvasando combustible. El avión esta dotado de un sistema astroinercial, para poder navegar por seguimiento de las estrellas, las cuales tiene catalogadas en un mapa estelar (unas 50 aprox.). Este sistema es vital ya que al ser un sistema pasivo de navegación no depende del exterior para llevar a cabo su misión.

Las especificaciones técnicas del SR-71 son :

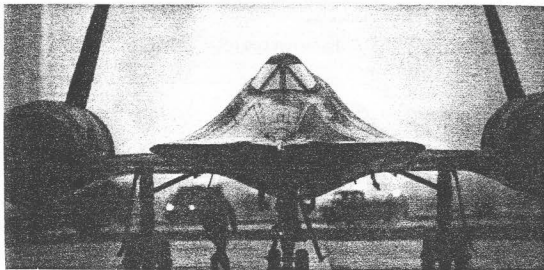
Techo	25.900 m
Alcance	5.300 Km.

Peso vacío	27.200 Kg.
Peso máximo	65.700 Kg.
Envergadura	16,95 m
Longitud	32,74 m
Altura	5,64 m
Superficie alar	167,3 m <sup>2</sup>
Velocidad máxima	3.500 Km./h
Empuje estático unitario seco	13.500 Kg.
Empuje unitario con postcombustión	14.740 Kg.

### Récords.

A pesar de ser un diseño con un cuarto de siglo a sus espaldas, continúa siendo el avión militar más rápido del mundo. Entre los récords batidos por este avión están:

- Recorrió 24.140 Km. en 10 horas 30 minutos a Mach 3, sin repostar.
- Vuelo Nueva York-Londres (5.616 Km.) en 1 hora y 16 minutos.
- Vuelo Londres-Los Ángeles (9.000 Km.) en 3 horas y 47 minutos.
- Velocidad de 3.367,13 Km/h en circuito cerrado de 1000 Km..
- Vuelo horizontal y sostenido a 25.929 m de altura.
- Velocidad de 3529,47 Km/h.Mach 3,3



Por todos es conocido el momento de crisis que atraviesa nuestro mercado laboral. Sin embargo, y no es un tópico, *no hay mal que cien años dure...*

por lo que cabe pensar que la recuperación se acerca y hay que estar preparado. Analizar nuestras posibilidades, investigar las oportunidades en el mercado de trabajo, darnos a conocer al "mundo exterior" como nuevos profesionales con gran potencial y saber dar la cara en una entrevista son pasos imprescindibles para el más duro de todos los trabajos:

**buscar trabajo.**

## TÉCNICAS DE BÚSQUEDA DE EMPLEO

M<sup>a</sup> Elena Perea Sáez

**M**uchos piensan que, como la oferta de trabajadores supera con mucho a la demanda, resulta inútil hacer el esfuerzo de intentarlo. La regla de oro fundamental para este trabajo de buscar trabajo es no desanimarse ni dejarse vencer por los contratiempos porque son parte del proceso. Además, el desánimo nos crea inseguridad y angustia en nosotros mismos, con el peligro de convertirse en la primera barrera para nuestros fines.

Sentadas las bases, lo primero que debemos hacer es planificar bien los pasos a dar para vender el "producto" en el mercado: en este caso nosotros mismos. No solo debemos ser "intrínsecamente" mejores que los demás "productos", sino transmitir que realmente lo somos a través de nuestra confianza y seguridad.

Los puestos de trabajo que nos puede ofrecer el mercado se sitúan en dos grandes bloques:

1- En el Mercado de Superficie, en el que los puestos se ofrecen abiertamente (anuncios en prensa, convocatorias oficiales y otras

ofertas de selección tradicional).

2 - En el Mercado Sumergido, que representa un 70% del total aproximadamente y en el que los puestos no se dan a conocer públicamente, sino que siguen canales restringidos o bien están en fase de creación o supeditados a encontrar a la persona adecuada.

### CÓMO Y DÓNDE BUSCAR

Los métodos a utilizar, en buena lógica, serán distintos

### **El C.V. es nuestro envoltorio y ha de estar bien presentado para pasar, al menos, una primera selección.**

según nos introduzcamos en uno u otro mercado. En este sentido cabría decir que, en términos generales, aquellos a utilizar en el Mercado de Superficie necesitan principalmente un seguimiento de la oferta (respuesta a anuncios en prensa; inscripción en el INEM o, con la nueva normativa, en las Empresas de Trabajo Temporal, más conocidas por las siglas ETT), mientras que los del Mercado Sumergido exigen una búsqueda activa y plani-

ficada (red de contactos; solicitud directa al empresario; o incluso inscripción de anuncios propios, opción esta que en nuestro país no tiene aún buenos resultados por las connotaciones negativas que lleva aparejadas). Para ambos casos, la investigación previa del sector, la empresa y el uso de la red de contactos son factores claves de éxito.

### CURRICULUM

En cualquiera de los dos casos, sea cual fuere el mercado al que nos dirigimos, nuestro primer contacto con el empresario va a ser, sin duda, el historial académico y profesional del que disponemos, el CURRICULUM VITAE, que reflejará de una manera lo más atractiva posible lo mejor de nosotros mismos, las aptitudes, valores y ventajas competitivas frente a otro candidato que, aparentemente, ofrece lo mismo. El C.V. es nuestro envoltorio y ha de estar bien presentado para pasar, al menos, una primera selección.

Debe ser breve, escrito a máquina u ordenador (esta última opción es preferible), sobre un buen papel (bien sea verjurado,

satinado, etc., si es posible en algún tono crema o gris que resalte sobre el blanco de nuestros "contrincantes"). Es muy importante que el texto siga un orden, que se vea estructurado, sea cual sea el criterio por el que se opte a la hora de llevar a cabo dicha estructura: Lo importante es no cansar ni dificultar a quien habrá de leerlo la localización de cualquiera de nuestros datos... sobre todo si se trata del Curriculum número 200. Podemos jugar con las "negritas" y los "subrayados", hacer bloques para los distintos temas, y siempre debe decir la verdad de la mejor manera posible.

Por lo que se refiere al contenido, son imprescindibles los datos personales, de formación y de experiencia si se posee completando el C.V. con un apartado parecido a "otros datos de interés" que den valor añadido a nuestro perfil y nos hagan diferentes al resto de las personas, aportándonos una ventaja competitiva (de la que ya hemos hablado) sobre ellas. Son datos del tipo: pertenencia a una asociación, haber sido delegado de curso, haber realizado colaboraciones en alguna empresa... o, incluso, haber llevado a la práctica la idea de fundar una asociación de estudiantes y editar una revista para Ingenieros Aeronáuticos, presentes y futuros. Sin embargo, no es el lugar para detallar nuestras características personales, hobbies, etc., pues de ellos hablaremos durante la entrevista de trabajo.

#### **NO OLVIDES NUNCA...**

Llegados a este punto, resulta de vital importancia hacer hincapié en determinados aspectos:

- No olvidar NUNCA incluir en el C.V. vuestra direc-

ción y teléfono (mejor dos que uno) de contacto.

- Los chicos, haced referencia al Servicio Militar, indicando si está pendiente o por el contrario si se ha cumplido y si es así, dónde y cuando.

- Al detallar los datos relativos a la formación, señalar la fecha de la última titulación reglada que se posea, ya que las empresas necesitan saber con qué posibilidades reales de contratación cuentan acogidos a la nueva legislación sobre esta materia.

---

### **Un C.V. no es el lugar para detallar nuestras características personales, hobbies, etc., pues de ellos hablaremos durante la entrevista de trabajo.**

---

- Incluir datos referentes al nivel de idiomas, conocimiento y manejo de programas informáticos...

- Si se posee experiencia incluirla, señalando el nombre de la empresa/s en que se prestaron los servicios y detallar lo más posible el tipo de trabajo desempeñado en ella.

- Un C.V. no debe extenderse a más de dos folios (DIN- A4), escribiendo únicamente por un lado de cada página, por lo que si la información que deseamos transmitir resulta excesiva incluiremos solo la más importante, la que nos haga ganar más puntos esperando siempre la oportunidad de desarrollarla en una futura entrevista, objetivo último del CURRICULUM VITAE. Este, además, no debe llevar carátula.

- En cuanto a la fotografía, debe enviarse siempre una

de tamaño carnet lo más reciente posible, independientemente de que el anuncio así lo especifique. Al empresario no le interesa nuestro mayor o menor atractivo pero si quiere poder identificar un buen historial con un rostro.

- Los C.V. no se firman. Se firman las cartas de presentación que deberán acompañarlo.

- La carta y el C.V. que hagan referencia a un anuncio aparecido en prensa deberán enviarse a la dirección que en él se indique en un breve plazo (5/ 7 días) fuera del cual es preferible no mandarlo. Lo normal es no cumplir el 100 por 100 de los requisitos que se mencionan en el anuncio, por lo que si vuestro grado de cumplimiento se sitúa en hasta un 70 por 100 de lo exigido, debéis presentar vuestra candidatura.

#### **CARTA DE PRESENTACIÓN.**

Conviene analizar ahora la CARTA DE PRESENTACIÓN que enviaremos, siempre (su ausencia puede jugar en nuestra contra) dentro del mismo sobre que contiene el C.V. Al igual que en el caso anterior, es importante cuidar el contenido y la forma de la carta, procurando que sea lo más personalizada posible, breve, original (no fotocopia) y siempre firmada. Personalizar una carta se puede conseguir llamando a las empresas y pidiendo el nombre del Responsable de Selección o del Director de Personal o de Recursos Humanos.

La carta incluye tres puntos básicos, que pueden ser tres párrafos. En el *primero* haremos una breve presentación de nuestro curriculum (si es para contestar a un anuncio, haremos referencia al mismo). En el *segundo* debemos manifestar nues-



tro interés en la empresa en cuestión por su liderazgo en el sector, sus políticas empresariales o por cualquier otro motivo que se nos ocurra. Pero siempre procurando dejar claro que nuestro "mailling" es selectivo y que hemos elegido, precisamente esa empresa. El tercer punto es la despedida en la que es necesario que pidamos con fuerza y al mismo tiempo con delicadeza que nos den la oportunidad de demostrarlo que sabemos en una pronta entrevista.

No hay que desanimarse.  
Algunas empresas ni contestan,

otras agradecen tu interés y te dan una "palmadita en la espalda", ocasión ideal para llevar nuestro propio archivo con la referencia de las empresas a las que nos hemos dirigido y que nos han contestado y el nombre de la persona que lo hizo, pues nuestra próxima carta ya tendrá, de esta forma, un destinatario concreto dentro de dicha compañía. Sin embargo, también es muy posible que entre un 4 o incluso un 5 por 100 te quieran conocer en una entrevista. Aprovechad siempre esta ocasión para ensayar vuestra entrevista, recopilando toda la información posible acerca de la

estructura y actividad de la empresa que os reclama.

Es el momento de incluir un modelo de C. V. Aunque sobre el tema no existen realmente reglas estrictas, si puede daros una idea muy aproximada de lo que se debe hacer en estos casos, siempre que le deis un toque personal después.

Dejamos para el próximo número la inclusión de una carta de presentación modelo, y la forma de encarar una entrevista.

---

## REDACCIÓN DE UN CURRÍCULUM

### Datos personales

- Nombre
- Lugar y fecha de nacimiento
- Domicilio y teléfono de contacto
- Estado civil
- Servicio Militar

### Formación académica

- Licenciatura/Ingeniería: Centro, Universidad, Disciplina y Fecha de Finalización
- Máster/Cursos de cierta entidad (600/800 horas): Centro y Fecha de realización

### Formación complementaria

- Cursos, seminarios...
- Cursos de informática, de idiomas...
- Estancias en el extranjero

### Idiomas

◦ Nivel en el que se hablan, traducen, escriben y leen los diferentes idiomas que conozcamos.  
(Si se poseen títulos reconocidos tales como First Certificate, Toefel... se incluirán en el apto. anterior relativo a formación complementaria)

### Informática

- Programas y lenguajes que se manejan y el nivel

### Experiencia laboral

- Empresa en la que hemos prestado servicios y ramo de la misma; cargo y funciones que nos otros desempeñábamos y periodo que duró la prestación laboral.

Debemos hacer constar nuestra situación laboral en el momento de dirigirnos a la empresa, ya en contestación a un anuncio aparecido en prensa o no, advirtiendo que nos encontramos en situación de desempleo o prestando servicios con intención de cambiar si las condiciones que se nos ofrecen son las adecuadas.

### Otros datos de interés

Este epígrafe sólo ha de figurar si existen datos que realmente consideremos de interés y cuya ubicación resulte difícil en cualquiera de los anteriores apartados reseñados. En cualquier caso, no debe ser extenso (Pertinencia a asociaciones, Posesión de carnet de conducir, Mención de honor durante el Servicio Militar, etc...)

# BECAS

La Subdirección de Extensión Universitaria dedica una especial atención a conseguir becas para los alumnos de los últimos cursos y trabajo para aquellos que han finalizado la carrera.

Las becas varían de unas a otras en cuanto a duración, tipo y periodo de convocatoria. Algunas se convocan regularmente y otras dependen de la colaboración que se consiga cada año de las distintas empresas. En cuanto a esto no podemos esperar demasiado en tiempos de crisis, pero veamos a título de ejemplo lo que consiguió Subdirección durante el año pasado.

La duración de las becas osciló entre 3 meses y 2 años en compañías americanas y europeas. En cuanto a tipo y convocatoria veamos los datos del año pasado.

Un primer tipo son las becas que se vienen concediendo cada año. Durante el año pasado fueron:

Becas Colaboración Rectorado.....	6
Becas Colaboración del M.E.C.....	5
Ejército.....	20
Aeropuertos y Navegación.....	25
Fluidos (Escuela).....	3

Las dos primeras se convocan a principios de curso y pueden solicitarlas todos los alumnos. Las dos siguientes se convocan en los meses de junio y julio y son preferentemente para alumnos de sexto o incluso quinto.

Iberia concedió becas para las siguientes compañías

Boeing.....	2
Snecma.....	1
Rolls Royce.....	1

Estas becas se convocan cada año para los alumnos de sexto curso en junio o julio.

Un segundo tipo son los Convenios de Cooperación Educativa que están regulados por decreto y en los que la escuela fue pionera. Dentro de estos están los convenios con empresas que suelen colaborar cada año con la Escuela y cuya aportación al total durante el año pasado fue:

INITEC.....	3
U.E.E.....	1
IBERIA (verano).....	3
INTA (Calvo Rodés).....	3
CASA.....	4

Por lo que sabemos las de INITEC se convocaron a principios de este curso y las del INTA a mitad. Por tanto ya están adjudicadas.

Hay un tercer tipo de becas conseguidas por los alumnos y que se gestionan en Subdirección. Estas se rigen al igual que las anteriores por el Convenio de Cooperación Educativa. El año pasado fueron

Oasis.....	1
Alcatel Espacio.....	1
Iberdrola.....	1

# INFORMACIÓN GENERAL

## ◆ LA RED ORBITA : UN PROYECTO DE ARMONIZACION.

El evento más reseñable del reciente seminario sobre tecnología aeroespacial y universidades europeas, celebrado en el Ayuntamiento de Soto del Real, ha sido la constitución de la red órbita. La Organización de Recursos Básicos para la Investigación Tecnológica Aeroespacial nace con la finalidad de coordinar los recursos de todas las instituciones que la integran. En este sentido, se advierte de la importancia de la unificación de los estudios de los dos últimos ciclos en el ámbito de las universidades y a su vez la adecuación de estos a las necesidades de la industria.

Las entidades integrantes de la nueva organización son universidades e institutos de Alemania, Argentina, Chile, Bélgica, Francia, Italia, Méjico, Perú, Cuba y España, siendo la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad de Granada y el instituto de Astrofísica de Andalucía los asociados españoles. Asistieron al nacimiento de la red entre otras personalidades el responsable del área aeroespacial en la UPM, José Meseguer, el director del Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos, Carlos de Andrés y el director de la ETSI Aeronáuticos, Pascual Tarín.

Como anfitriones introdujeron el acto José Luis Sanz y Eladio Navarro, alcalde y teniente de Alcalde, respectivamente, de la localidad madrileña de Soto del Real, municipio que ha demostrado siempre su gran interés por los temas relacionados con la Aeronáutica y que sostiene varios proyectos ambiciosos a realizar en un futuro nada lejano en éste nuestro campo.

El caballo de batalla de esta primera reunión de la red ha sido la discusión de las bases para un programa común de estudios de postgrado sobre tecnología aeroespacial y la preparación de diversos proyectos de colaboración relacionados con el desarrollo de satélites científicos, comunicaciones universitarias y uso de túneles aerodinámicos para la ingeniería civil.

Entre los proyectos, el que emerge con más fuerza e inminencia es el desarrollo de un satélite universitario eurolatinoamericano: el microsatélite **Venus**, cuya ejecución corresponderá a las universidades participantes y que será liderada por la Universidad Politécnica de Madrid debido a su mayor y reconocida experiencia en sistemas espaciales completos. Su papel será el de coordinar los esfuerzos de las demás instituciones y la integración del Microsatélite. Este, cuya finalidad es casi exclusivamente educativa, tendrá una órbita baja y polar y será lanzado por un Ariane 5. Desde estas líneas deseamos un buen logro del proyecto.

## ◆ DOS NUEVAS ASOCIACIONES DE ESTUDIANTES EN NUESTRA ESCUELA

Animados por la creciente participación de nuestra escuela en proyectos relacionados con la investigación espacial, tanto a nivel nacional como en colaboración con otros países, un grupo de alumnos decidió crear la **Asociación de Estudiantes Ignacio Da Riva**, con el objeto de experimentar en el campo de la microgravedad, aprovechando para ello la torre de caída que se está actualmente poniendo a punto en el laboratorio de Aerodinámica.

Deseamos buena suerte a nuestros compañeros de viaje, pues la segunda asociación que se estrena en esta primavera es la que suscribe,

**Eclipse**: grupo creado para la realización de una revista universitaria aeronáutica de carácter eminentemente técnico. Nuestra publicación, **ZWEEF**, que Dios Mediante, verá la luz en el mes de Mayo, está abierta a la participación de estudiantes de esta escuela y a cualquier persona interesada en el mundo de la aeronáutica, recogiendo los conocimientos, opiniones y sueños de todos aquellos que deseen participar activamente en su elaboración, bien escribiendo artículos, ora integrándose en la asociación y ante todo leyendo lo que con la mejor intención y entusiasmo se va a escribir. Esperamos vuestras ideas.

