



W
28
(8824)

Documento de Trabajo

8 8 2 4

TECNOLOGIA ESPAÑOLA DE LA POSGUERRA,
PROBLEMAS DE DE SARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO
EN EL INSTITUTO DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATICA DEL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS.

Santiago M. López

Nº C → x-58-225907-5

Nº E → 5307406464

TECNOLOGIA ESPAÑOLA DE LA POSGUERRA,
PROBLEMAS DE DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO
EN EL INSTITUTO DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATICA DEL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS.

Santiago M. López .

RESUMEN: El presente artículo es un intento de averiguar como eran las relaciones entre la ciencia y la industria en la posguerra española. El análisis predominante es histórico. De los siete apartados con que cuenta el texto; el primero es un breve encuadre de la situación de la ciencia española antes y después de 1939. Esta introducción nos permite centrar en su tiempo al Instituto de Electricidad y Automática (IEA), así como a su director José García Santesmases. Tras hacer un apunte (en las secciones 3,4,5 y 6) de algunas investigaciones y actividades desarrolladas en el Instituto, pasamos a la última parte del escrito. Aquí procuramos conectar los datos deducidos de la lectura con su valor en el Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología de las primeras décadas del franquismo.

El propósito es mostrar un caso representativo de los problemas que se dieron en dicho Sistema durante la posguerra. La elección del Instituto de Electricidad y Automática se debe a que las investigaciones realizadas en dicho centro se llevaron a cabo en tecnología electrónica y en tecnología de computadores, ambas básicas para la actual fase de la Revolución Industrial. Si partimos desde el momento en el que los problemas de desajustes entre la ciencia, la tecnología y la industria se gestaron, reconoceremos mejor los problemas habidos y presentes en nuestra industria tecnológicamente más avanzada.

1. LA CIENCIA EN ESPAÑA EN TORNO A 1939.

... Hacia principios de los años 1920 había una red bien establecida de laboratorios industrialmente orientados, alojados en empresas industriales privadas, en escuelas de ingeniería o bajo los auspicios de diversas entidades públicas. ..la guerra proporcionó un estímulo directo para la producción local de instrumental de laboratorios... Hacia 1919, tanto el equipo óptico como el instrumental de vidrio de laboratorio lo producían compañías españolas.

Los avances más notables en instrumentación, sin embargo, se centraron en una única institución, el Laboratorio de Automática, fundado en 1906 en el Palacio de Industria del antiguo Hipódromo de Madrid y ampliado en 1914. Allí el director, Leonardo Torres Quevedo (1852-1936)..., construyó toda una serie de instrumentos científicos solicitados (y frecuentemente diseñados) por varios científicos españoles para satisfacer sus propias necesidades en sus investigaciones. (Glick, 1986, p.26 y 27, y para el Laboratorio de Automática ver también García Santesmases 1980, p.301-306).

Esta descripción de Glick sugiere cuatro elementos relevantes en el análisis de la situación científica de los países atrasados, que nos ayudarán en la comprensión del objeto de nuestra investigación: la actividad del Instituto de electricidad y Automática del CSIC creado a finales de 1949.

1.- La Ciencia y la Tecnología no son hechos aislados, sino interrelacionados con la economía. Existe un sistema de realimentaciones intensas y en diferentes sentidos entre ciencia, tecnología y producción industrial que determinan la evolución tecnológica de un país. (Véase Rosenberg y Dosi, cuya línea interpretativa seguimos).

2.- Las guerras mundiales facilitaron en algunos países periféricos los procesos de desarrollo industrial por sustitución de importaciones. Este fenómeno, que ha sido estudiado en sus aspectos económicos por autores como Prebisch, Dos Santos, Furtado, Seers, etc, puede trasladarse al área científica y tecnológica, de tal manera que ante la imposibilidad de importar tecnología y conocimientos científicos aparecen o se aceleran proyectos autóctonos.

Tecnología española de la Posguerra



W
28
(8824)

Documento de Trabajo

8 8 2 4

TECNOLOGIA ESPAÑOLA DE LA POSGUERRA,
PROBLEMAS DE DE SARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO
EN EL INSTITUTO DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATICA DEL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS.

Santiago M. López

Nº C → x-53-225907-5

Nº E → 5307406464

TECNOLOGIA ESPAÑOLA DE LA POSGUERRA,
PROBLEMAS DE DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO
EN EL INSTITUTO DE ELECTRICIDAD Y AUTOMÁTICA DEL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS.

Santiago M. López .

RESUMEN; El presente artículo es un intento de averiguar como eran las relaciones entre la ciencia y la industria en la posguerra española. El análisis predominante es histórico. De los siete apartados con que cuenta el texto; el primero es un breve encuadre de la situación de la ciencia española antes y después de 1939. Esta introducción nos permite centrar en su tiempo al Instituto de Electricidad y Automática (IEA), así como a su director José García Santesmases. Tras hacer un apunte (en las secciones 3,4,5 y 6) de algunas investigaciones y actividades desarrolladas en el Instituto, pasamos a la última parte del escrito. Aquí procuramos conectar los datos deducidos de la lectura con su valor en el Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología de las primeras décadas del franquismo.

El propósito es mostrar un caso representativo de los problemas que se dieron en dicho Sistema durante la posguerra. La elección del Instituto de Electricidad y Automática se debe a que las investigaciones realizadas en dicho centro se llevaron a cabo en tecnología electrónica y en tecnología de computadores, ambas básicas para la actual fase de la Revolución Industrial. Si partimos desde el momento en el que los problemas de desajustes entre la ciencia, la tecnología y la industria se gestaron, reconoceremos mejor los problemas habidos y presentes en nuestra industria tecnológicamente más avanzada.

Tecnología española de la Posguerra

1. LA CIENCIA EN ESPAÑA EN TORNO A 1939.

... Hacia principios de los años 1920 había una red bien establecida de laboratorios industrialmente orientados, alojados en empresas industriales privadas, en escuelas de ingeniería o bajo los auspicios de diversas entidades públicas. ..la guerra proporcionó un estímulo directo para la producción local de instrumental de laboratorios... Hacia 1919, tanto el equipo óptico como el instrumental de vidrio de laboratorio lo producían compañías españolas.

Los avances más notables en instrumentación, sin embargo, se centraron en una única institución, el Laboratorio de Automática, fundado en 1906 en el Palacio de Industria del antiguo Hipódromo de Madrid y ampliado en 1914. Allí el director, Leonardo Torres Quevedo (1852-1936)..., construyó toda una serie de instrumentos científicos solicitados (y frecuentemente diseñados) por varios científicos españoles para satisfacer sus propias necesidades en sus investigaciones. (Glick, 1986, p.26 y 27, y para el Laboratorio de Automática ver también García Santesmases 1980, p.301-306).

Esta descripción de Glick sugiere cuatro elementos relevantes en el análisis de la situación científica de los países atrasados, que nos ayudarán en la comprensión del objeto de nuestra investigación: la actividad del Instituto de electricidad y Automática del CSIC creado a finales de 1949.

1.- La Ciencia y la Tecnología no son hechos aislados, sino interrelacionados con la economía. Existe un sistema de realimentaciones intensas y en diferentes sentidos entre ciencia, tecnología y producción industrial que determinan la evolución tecnológica de un país. (Véase Rosenberg y Dosi, cuya línea interpretativa seguimos).

2.- Las guerras mundiales facilitaron en algunos países periféricos los procesos de desarrollo industrial por sustitución de importaciones. Este fenómeno, que ha sido estudiado en sus aspectos económicos por autores como Prebisch, Dos Santos, Furtado, Seers, etc, puede trasladarse al área científica y tecnológica, de tal manera que ante la imposibilidad de importar tecnología y conocimientos científicos aparecen o se aceleran proyectos autóctonos.

Tecnología española de la Posguerra

3.- No obstante, la experiencia histórica muestra que generalmente esos proyectos tecnológicos y científicos son hechos aislados, realizados en institutos y centros de investigación que quedan como islas en la historia científica-tecnológica de la nación.

4.- Las creaciones de estos Institutos Isla pueden ser tecnológicamente avanzadas pero formalmente artesanales debido a que gran parte tanto del material de laboratorio, como del utilizado para la construcción del proyecto, máquina, circuito, etc, debe fabricarse en el propio Instituto al no haber una industria nacional que lo produzca, dado que la demanda interna es muy baja. Evidentemente esta actividad artesanal es rentable cuando el mercado internacional está cerrado o es de difícil acceso (falta de divisas, bloqueos internacionales, guerras mundiales, reservas a la exportación de material estratégico). Con respecto a esto debemos tener presente que la transferencia de tecnología se da en "transacciones que ocurren en mercados muy imperfectos" (Katz, 1976, p. 11). Puede suceder que en el mercado internacional no exista el instrumental ni el material deseado, lo que supone que o se está realizando un proyecto puntero a nivel internacional, o se tiene a un genio investigando, o se está trabajando en una línea de investigación abandonada y poco importante respecto a los derroteros mundiales.

Volvamos a retomar el hilo de nuestra historia científica y tecnológica en la cual la Junta para la Ampliación de Estudios es referencia obligada, ya que, en su período de actividad, la mayoría de los más sobresalientes científicos nacionales estudiaron en el extranjero, creando lazos de unión gracias a programas de investigación conjunta, al intercambio de visitas y al envío de sucesivas generaciones de universitarios. En los años 1920 en ramas como las matemáticas, física y astronomía se contaba con un reducido grupo de investigadores que se podían codear con sus colegas extranjeros, (Glick, 86, p. 31-38). La Junta de Ampliación de Estudios, cumplió el objetivo que Santiago Ramón y Cajal quiso darla. Él deseaba poner nuestros institutos científicos en contacto estable con las instituciones internacionales que lideraban el progreso científico pues, para él la ciencia debía entenderse como actividad específica del entendimiento y como tal "simple consecuencia de la imitación y del ejemplo" (Ramón y Cajal, 1897).

En los años treinta España había vuelto a ponerse en contacto con los centros de producción científica de los países desarrollados. Para José Luis Peset el vigor científico que había posibilitado este reencuentro, fue eliminado a partir de 1939 "... por completo, sustituido por una rudeza de muy distinto tipo. Muchos profesores e investigadores fueron obligados a emigrar, o fueron sin más eliminados; algunos pudieron volver, otros concluyeron su vida en naciones extranjeras... el ministro Ibáñez Martín suprimió la Junta de Ampliación de Estudios -y las demás creaciones institucionalistas- y creó en 1939, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas con una clara ambivalencia hacia la institución desplazada... adquiriría un cariz por entero opuesto a la vieja Junta, pues se extremaba su politización y control en manos del citado y longevo ministro y del secretario general José María Albareda" (Peset 1986, p. 38)

Thomas Glick señala que "Darwin -de nuevo- y Freud fueron prácticamente prohibidos. La biología se enseñó como si la teoría evolucionista no existiese... En física experimental, quizá de forma no consciente, el programa del Consejo se hizo fuertemente operacional, en la medida que la óptica -un tema del siglo XVII por excelencia- se convirtió en el principal foco de la investigación de los años 1940. el efecto en la relatividad no fue tan pronunciado, sin embargo, debido probablemente a que sobrevivieron con sus *status* intactos tantos ingenieros conservadores favorables a Einstein" (Glick hace referencia a Terradas y a Lucini, Glick 1986, p.296-297)

El Instituto Ramón y Cajal fue defenestrado al no poder ejercer la dirección Jorge Francisco Tello que había sucedido al insigne Premio Nobel español. El resto de componentes, casi en su totalidad, emigraron hacia América del Sur y del Norte (Albarracín 1985, p.14)

En ramas como la psiquiatría el balance es desolador:
"Carlos Ruiz Maya (n-1888) era fusilado... Miguel Prados Such se exiliaba al Canadá en 1939, en donde falleció en 1969 tras realizar allí una ingente labor como neurólogo y psiquiatra. Enrique Ortega, simpatizante de la causa republicana, moría en Granada en 1938. Su compatriota Antonio J. López torres, que perteneció... al movimiento renovador de la Liga de Higiene Mental, abandonaba al término de la contienda civil su dedicación a la Psiquiatría" (Olangüe de Ros, 1985, p.432-3)

Tecnología española de la Posguerra



La ciencia había quedado politizada e ideologizada amén de esquilmada y obstaculizada. Pero lo cierto es que se había logrado establecer relaciones con la cultura científica y tecnológica de los países desarrollados. Durante los años 1940 el sistema de ciencia y tecnología español difícilmente podía funcionar, pero como señala Alejandro Nieto,

"A partir de 1943, las Universidades españolas desarrollan una vida callada, laboriosa, disciplinada y fértil, sin dejarse ahogar (lo que parece asombroso) por la cerrazón intelectual del contexto social y del suyo propio.

La explicación de este fenómeno es sencilla. Por un lado la juventud española...se vuelca sobre el pragmatismo. Por encima de triunfalismos e ideologías, lo que los estudiantes quieren es estudiar... Y por otro lado, y ésto es más importante, los nuevos profesores compensan su miseria física e intelectual con una enorme dedicación vocacional y, pese a todas las dificultades, son quienes reforman por dentro la Universidad sobre la base de una ciencia, que van aprendiendo como pueden y construyendo artesanalmente.

...La Universidad es foco de atracción permanente para los mejores intelectuales del momento, que marginan inexorablemente a los canónigos y profesores de religión y formación política" (Nieto 1985, p. 120.).

Hoy es complicado saber como permaneció, en la política franquista, el objetivo de unirse a la evolución científica y tecnológica de los países occidentales avanzados económicamente. Ciertamente tuvieron que otorgarle, por evidencia, a las actuaciones del Estado en las dos décadas anteriores a la Guerra Civil. Algunos de los máximos responsables de los proyectos científicos en el régimen franquista ofrecían comentarios como el de que "todos conocen y reconocen la obra investigadora de la Junta" (Albareda 1951, p. 312); aunque por contra Ibáñez Martín decía:

"... han pasado dichosamente los tiempos en que España sin experiencia científica propia, debía mandar docenas y docenas de becarios para iniciar su especialización en el extranjero, aun a

Tecnología española de la Posguerra

sabiendas de que el provecho es poco cuando en el corto tiempo de la pensión hay que aprenderlo todo. Hoy, el nivel de nuestros centros de investigación permite evitar el caso estéril del pensionado que llega desorientado a los medios científicos extranjeros, y después de una dolorosa y a veces deformadora formación se encuentra desencauzado al integrarse a la vida española" (Ibáñez Martín, 9ª Reunión anual del CSIC 1948. Recogido en Albareda 1951, p. 305-306)

Lejos quedaba el espíritu de modestia de Ramón y Cajal, pero como señalan González Blasco y Jiménez Blanco:

"En España, al final de la Guerra Civil, existía la... "sensación de que la verdadera fuerza del país estaba en el reino del espíritu y de la cultura"...pero esa sensación tuvo una conversión práctica bastante pobre, con el alumbramiento de unas instituciones poco eficaces" (González y Jiménez 1979, p.131, entrecomillado de los autores.)

Los elementos hasta aquí descritos proporcionan una visión general de la situación científica española en la década de 1940 que nos permite encuadrar el análisis del Instituto de Electricidad y Automática. El ejemplifica los problemas de la Ciencia española para ponerse en contacto con la Industria a través de la oferta de ciencia y tecnología. La figura señera será su director, José García Santesmases, hombre preocupado por la actividad científica aplicada. Esta característica personal le llevará a él y al Instituto a embarcarse en investigaciones científicas de tipo tecnológico. Sorprende la resolución de aquellos hombres que trabajaron de manera épica entre unas autoridades científicas y políticas que, las más de las veces, no supieron apreciar suficientemente el valor y la sensatez de los investigadores que tenían a su cargo.

García Santesmases y sus colaboradores asumieron un objetivo que hoy nos puede parecer utópico: diseño y construcción de prototipos de computadores para ser fabricados por la Industria española. Según vayamos conociendo la consecución del objetivo tendremos ocasión de pasar revista a las investigaciones más significativas del Instituto: los Circuitos Biestables Ferrorresonantes, el Analizador Diferencial Electrónico y la Unidad Aritmética Digital. De cualquier forma antes es conveniente tener en cuenta la personalidad del director del Instituto.

Tecnología española de la Posguerra

2. JOSE GARCIA SANTESMASES; UN TALANTE ABIERTO.

José García Santesmases, que sería el alma del IEA, nació en 1907. Su formación como ingeniero estuvo a caballo de la Guerra Civil. En 1930 obtiene el diploma de Ingeniero de la Escuela Superior de Electricidad de París, en 1935 se licencia en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona, en 1940 es becario del CSIC adscrito a la Sección de Electricidad y Radiaciones en Barcelona, y en 1943 se doctora en Ciencias por la Universidad de Madrid. Nos encontramos por tanto ante un científico e ingeniero que se forma en un país extranjero unido a las corrientes de investigación mundialmente más importantes, y que se decanta por la física, una de las pocas disciplinas que en España tienen una buena cota de pensadores antes y después de la Guerra Civil. Con el tipo de estudios universitarios realizados hasta 1942, decide investigar un tema para su tesis en el que se pueda hacer una aportación de nivel internacional. Toma el espíritu de los grandes científicos españoles, (García Santesmases admiraba a Torres Quevedo), y escoge una materia, la ferromagnetismo, en la que ningún español había trabajado. Es más, como él mismo señala:

"No tenemos noticias de que en España se haya publicado hasta ahora ningún trabajo sobre estas materias" (García Santesmases 1942, p. 22)

En 1943 ha terminado su tesis Contribución al estudio de la ferromagnetismo y de la autoinducción (García Santesmases 1943) que logra el premio "Juan de la Cierva" de ese mismo año. Este trabajo representaba un estudio pormenorizado del fenómeno de la ferromagnetismo. Trataba de forma completa, tanto bajo el punto de vista teórico como experimental, la ferromagnetismo en paralelo que hasta entonces sólo se había estudiado, en el mundo, de forma fragmentaria y accidental. García Santesmases señalaba algunas aplicaciones del fenómeno por él estudiado como la construcción de estabilizadores de tensión, multiplicadores de frecuencia y sistemas de control automático.

Accede a la categoría de Ayudante de la Sección de Electricidad del Instituto "Alonso Santa Cruz" del CSIC, y en 1944 consigue la cátedra de Física Teórica y Experimental de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. A partir de este momento, busca un terreno de investigación más complejo y amplio, en ebullición. Trabaja en magnetismo (G. S. 1943 b) y en semiconductores (G. S. 1944), pero la preparación de la oposición a la cátedra de Física

Industrial de la facultad de Ciencias de Madrid le resta tiempo para la actividad investigadora hasta que la obtiene en 1946. Al año siguiente le encontramos como Jefe de la sección de Óptica electrónica del tal vez más importante de los institutos del CSIC, el Instituto de Óptica "Daza de Valdés" en Madrid. A pesar de que en su puesto del CSIC investiga la espectroscopia y la microscopia electrónicas (G. S. 1948 a y b) ha crecido en él su interés por la ciencia de las computadoras y reconoce en esta rama lo que andaba buscando. Para 1949 ya tiene una primera publicación sobre el tema (G. S. 1949).

Aún contando con el entusiasmo propio, hubo un hecho determinante de su compromiso con la ciencia de las computadoras: el viaje que Santesmases realizó a la Universidad de Cambridge (Reino Unido). El objetivo de la estancia era estudiar microscopia electrónica, así como practicar con los microscopios de estas características, ya que él había participado en la instalación de uno en el Instituto "Daza Valdés" del CSIC. Fue becado para ello por el CSIC y en 1949 marchó al Cavendish Laboratory cuya sección de microscopia electrónica dirigía el Dr. Cosslet.

En Cambridge se encontraba a su vez el "University Mathematical Laboratory" donde el profesor Wilkes trabajaba en la construcción de la máquina EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator). Fue terminada en 1950 y era análoga a la norteamericana EDVAC (1948) sucesora de la ENIAC (1946). La EDSAC fue el primer computador propiamente dicho que se construyó de acuerdo con las ideas de Von Neuman, en particular la incorporación del programa en la unidad de memoria. También visitó el National Physical Laboratory de la Universidad de Manchester donde el profesor Williams estaba llevando a cabo los estudios experimentales de un nuevo tipo de máquina de cálculo. Vio la posición que tenía el Reino Unido en el mundo de las computadoras y las posibilidades con las que contaba un país como España para engancharse a este tren. Difícilmente se podría alcanzar al Reino Unido y mucho menos a EE.UU, pero si nos podíamos acercar a Bélgica, Suiza, Francia, y Holanda, países cuyos proyectos más remotos eran de 1947. En Suiza se había construido una máquina de relés, que funcionaba desde agosto de 1950, en el Instituto de tecnología de Zurich. En Suecia, en abril de 1950, se inauguraba la BARK de relés y, en 1951, se estaba trabajando en una máquina electrónica. En Francia ya en 1947, se comenzó el proyecto de una máquina aritmética electrónica, y, hacia 1951, su construcción. Algo parecido pasaba en Bélgica y Holanda donde sus proyectos no se habían fraguado aún en 1951 (G. S. 1951b)

G. Santesmases permaneció en Cambridge seis meses y regresó con el plan de formar una unidad de investigación en computadoras. En enero de 1950 nace el "Departamento de Electricidad" del patronato "Alfonso el Sabio" del CSIC en Madrid, que constituye la base del futuro IEA. G. Santesmases contó con el apoyo de Albareda para iniciar aquella experiencia que no fue del todo bien admitida por parte del Instituto de Optica pues suponía la pérdida de un investigador bien formado y una merma en su papel preponderante en la Física Aplicada. Aquel mismo mes de enero el Departamento ya emite un primer informe donde se señala que han comenzado el estudio de un proyecto de construcción completa de una máquina de cálculo digital.

"...Los sacrificios y dispendios ocasionados para lograr en nuestro país una máquina calculadora de este tipo (digital), sin duda alguna, estarían compensados, con creces, por el interés nacional de la misma, dada su contribución tanto a la ciencia pura y a la técnica como la ciencia estrictamente militar". (García Santesmases, J. Informe sobre Máquinas Calculadoras. Informe dirigido al CSIC, Madrid, 18-enero-1950)

G. Santesmases diseñaba un proyecto para formar en España un grupo de especialistas en la materia. En octubre de 1950 Rodríguez Vidal marcha a Cambridge donde trabajará durante un año en la máquina EDSAC, bajo la dirección del profesor Wilkes; más tarde saldría González Ibeas hacia Birmingham a trabajar en servomecanismos con el profesor Tustin. Al principio del año 1951 García Santesmases comenzó a colaborar en el Computation Laboratory de la Universidad de Harvard (EE.UU) bajo la dirección de H.H. Aiken, creador de la primera gran computadora digital completamente automática construida en colaboración con la empresa IBM durante el periodo 1937-1944. La escuela que formó H.H. Aiken en Harvard contaba con muchos "alumnos" (especialistas europeos en la materia) que retornaron a sus países para participar en los programas de creación de computadoras que se desarrollaron a lo largo de la década de los cincuenta en Europa. Allí pasó Santesmases quince meses trabajando en técnicas sobre calculadoras electrónicas digitales, y durante su estancia desarrolló un circuito de la máquina MARK IV que se estaba contruyendo (G. S. 1951-52).

En el periodo en este laboratorio Santesmases descubrió la posibilidad de aplicar la ferromresonancia a los circuitos de cálculo y control digitales, aprovechando las características de biestabilidad que ésta tenía.

Los fenómenos ferorrresonantes tienen lugar en circuitos constituidos por una capacidad, una bobina de autoinducción con núcleo de hierro y una resistencia, conectados en serie y alimentados por una tensión alterna, o bien, conectados en paralelo y alimentados por un generador de tensión alterna y corriente constante. En ambos casos se obtienen dos estados estables operativos, bajo ciertas condiciones (G. S. 1952 b).

El circuito biestable ferorrresonante aplicable a computadoras tuvo un nacimiento lógico y natural dados los conocimientos y experiencia en ferorrresonancia y tecnología de computadoras de G.Santesmases, quien años más tarde dijo:

"... Fue hacia la mitad de mi estancia en el Computation Laboratory cuando se me ocurrió la idea de los biestables ferorrresonantes. Podéis creerme si os digo, que lo explico aquí porque no es ningún mérito extraordinario por mi parte; de lo que debo excusarme es de que no se me ocurriera antes. En efecto, la biestabilidad que presenta la característica ferorrresonante sugiere la construcción de un dispositivo biestable de funcionamiento análogo a los que hasta entonces se realizaban con válvulas y más adelante con transistores... la asociación de mi conocimiento de los elementos biestables utilizados en las computadoras, juntamente con el de la ferorrresonancia que subyacía en mi memoria, fue lo que produjo el clima adecuado para que surgiera la idea de estos elementos" (García Santesmases, José, Medalla de Oro Premio Echegaray -conferencia-Real Academia de Ciencias Exactas Física y Naturales, Madrid, 1979, Publicada por la RACEF y N, p.21-22.)

Esta nueva aplicación de la ferorrresonancia aparece dentro de las investigaciones para la realización de la Mark IV, que era un proyecto conductor; es decir, un proyecto tecnológico de gran envergadura, con un presupuesto amplio; un proyecto tecnológico capaz de cumplir sus objetivos iniciales y crear líneas de investigación según se desarrollaba. Santesmases podía haber llegado a relacionar ambos conocimientos (ferorrresonancia y computadoras) en España, pero la idea no hubiera podido respirar a sus anchas como lo hizo en EE.UU. Cuando Santesmases comunicó su teoría a H.H. Aiken, se encontró con un laboratorio a su disposición. ¿Cuánto tiempo hubiera pasado en España para lograr las condiciones de apoyo suficiente a una teoría?



Curiosamente, el fenómeno ferrorresonante era desconocido en EE.UU, por lo menos en los medios científicos y técnicos en que se hallaba inmerso Santesmases, pero como ha ocurrido más de una vez con los inventos y descubrimientos, aparecieron por un lado los trabajos del científico español publicados por la Universidad de Harvard sobre circuitos ferrorresonantes en paralelo, con núcleos polarizados con corriente continua, y simultáneamente por otro lado, un trabajo realizado por C. Isborn en California sobre un circuito ferrorresonante en serie (Isborn 1952).

En resumen podemos ver cómo, entre 1943 y 1951, en García Santesmases, se opera un cambio con respecto a las posibilidades que sus investigaciones científicas podían tener en relación a la formación de una tecnología aplicable al mundo de los usuarios de productos tecnológicos, como podían ser el Estado, el Ejército, la Industria, etc... El objetivo que movilizó esta transformación fue el deseo de crear una computadora digital; o sea, un objetivo más tecnológico que científico, pero que absorbió de G. Santesmases todo su potencial científico para sumergirle en el mundo de la tecnología, donde hay que tener presentes los comportamientos del mercado, las necesidades del Estado y de las industrias y las capacidades de producción industrial de la tecnología desarrollada. En pocas palabras G. Santesmases y con él el IEA, entraron en el Sistema Institucional Español de Ciencia y Tecnología en el que debían buscar apoyos y motivar interés para que sus proyectos salieran adelante.

A continuación vamos a ver aquellos proyectos que llegaron a tener mayor importancia y una constatación material. Los próximos tres apartados (3, 4 y 5) permitirán al lector reconocer las máquinas y circuitos de manera sintética y en función de lo que representaban dentro del sistema de ciencia y tecnología. Comenzaremos por los circuitos biestables ferrorresonantes, la investigación más importante a nuestro juicio del Instituto en sus primeros años de vida.

3. LOS CIRCUITOS BIESTABLES FERRORRESONANTES.

Las ayudas que recibió Santesmases estaban en función del objetivo de realizar componentes para computadoras. En el marco nacional este objetivo, materializado inicial y potencialmente en el circuito biestable, nunca fue apoyado por alguna empresa privada o estatal, no hubo grupos de presión ni personas a las que animase la idea. El problema grave estuvo en la falta de ayuda por parte de la industria; problema que sería de mayor magnitud cuando habiendo realizado Santesmases el circuito biestable, siguió sin recibir apoyo alguno.

La sociedad norteamericana reaccionó de forma diferente ante el potencial que Santesmases representaba. Este recibió apoyo y ofertas tanto de la Universidad como de la empresa privada.

Una vez que Santesmases presentó la posibilidad de utilizar el fenómeno ferrorresonante para la realización de circuitos de computadoras, H.H. Aiken y la Universidad inmediatamente pusieron a su disposición los medios necesarios; y una vez vistos los primeros logros, Marshall Kincaid, investigador del equipo de la Mark IV le propuso trabajar dentro de una pequeña compañía de computadores a la cual pertenecía.

La sociedad industrial norteamericana asimilaba a Santesmases; podía trabajar tanto en la universidad como en la empresa privada, pero esto no sucedió porque su objetivo personal no era sólo hacer computadoras; era hacerlas españolas, por lo que decidió volver a España.

Tanto las ayudas como las influencias que llegaron a Santesmases evidenciaron que ; 1) La sociedad industrial exterior podía asimilarle, mientras que la nacional no; 2) el carácter de su labor y propósitos dentro de España era aislado; y 3) su proyecto constituía un nexo de unión entre España y la sociedad industrial avanzada.

3.1 El problema tecnológico del circuito biestable.

Cuando a principios de 1952 aparece la tecnología ferromagnética aplicable a computadoras, en EE.UU ya se había creado la computadora UNIVAC I que empleaba tubos de vacío. Por su parte IBM estaba diseñando el IBM 701 (también con tubos de vacío) que aparecería en 1953.

La tecnología básica que se utilizaba para fabricar las computadoras, desde 1946 hasta 1959, era la de los tubos de vacío - la misma Mark IV en la que trabajase Santesmases era de esta característica-, pero aun IBM comercializó entre 1948 y 1952 su máquina SSEC con relés y tubos a la vez.

Por otro lado, a finales de 1947, J. Bardeen, W. Brattain y W. Shokley descubrieron el transistor en los laboratorios Bell. Estaban sobre el tapete cuatro tecnologías principales para fabricar los elementos biestables: relés (electromecánica), tubos de vacío (electrónica), transistores (electrónica) y ferromagnética. Los relés fueron desbancados por los tubos; éstos estaban llamados a serlo por los transistores y los circuitos ferromagnéticos; entre estos últimos se entabló una lucha desde 1952 hasta 1962.

La tecnología ferromagnética presentaba frente a los tubos unas ventajas similares a la de los transistores, pero a su vez éstos podían superar esas mismas características (tamaño, peso, solidez, manejabilidad, fiabilidad, baja generación de calor, etc.)

Cuando Santesmases desarrolló el circuito biestable (1952), aún no estaba claro que el transistor pudiera sustituir a corto plazo al tubo de vacío.

En 1958 Fairchild Semiconductor -empresa norteamericana- inventó el transistor planar; el año siguiente sacó al mercado el circuito integrado, a la vez que IBM construyó la primera línea de producción de transistores totalmente automática también ese año.

Con respecto a la ferromagnética aplicable a computadoras debemos decir que, tras las primeras publicaciones de G. Santesmases, se sucedieron un buen número de trabajos internacionales sobre el tema en los que el equipo del Departamento de Electricidad y Automática jugó un importante papel, influyendo directa o indirectamente en varios investigadores como S. Duinker, Cutler, Proebster, etc.

Pronto estuvieron trabajando en el tema científicos de compañías como IBM o RCA con el objetivo de desarrollar circuitos de determinadas funciones. Las publicaciones mundiales sobre ferrorresonancia aplicada a computadoras crecen hasta 1955 año de más auge, pero en 1956 los trabajos sobre ferrorresonancia parecen bajar un poco hasta que vuelven a recuperar su fuerza en 1959, para bajar notablemente ya en 1960.

Entre 1952 y 1957 Santesmases no contó con el apoyo ni obtuvo los recursos económicos necesarios para desarrollar los componentes ferrorresonantes, pero en el momento en que obtuvo los recursos económicos suficientes, tardó dos años en desarrollar sobre el papel los diseños básicos para construir una computadora completa.

3.2 Los logros alcanzados en este proyecto.

Meses antes de terminar 1952 los tres científicos que habían sido becados por el CSIC se volvieron a reunir en el Departamento de Electricidad, diseñaron un plan intensivo en el que se marcaron tres líneas de investigación: calculadoras analógicas, digitales y estudios en ferrorresonancia. Los resultados obtenidos en esta última se presentaron en forma de comunicación a un simposio en 1953 en Teddington Middlesex Reino Unido, (G. S., 1954) y en un artículo para las bodas de oro de la Real Academia Española de Física y Química (G. S., Rodríguez y Sánchez 1954 b), en cuya parte final puede leerse lo siguiente:

"Aparte de las ventajas que este circuito disparador reporta en cuanto a economía de material y de espacio, junto con una mayor solidez, es preciso considerar para su aplicación a las máquinas digitales su velocidad de trabajo. Aún cuando los resultados que figuran en este trabajo significan una gran mejora en cuanto a la velocidad de disparo respecto a los resultados obtenidos previamente, ésta es, sin embargo, menor que la obtenida mediante disparadores electrónicos y de otras clases en uso; no obstante, existen muchas máquinas que bien por sus aplicaciones o por la organización interna de las mismas, están actualmente trabajando a velocidades de disparo muy inferiores a las obtenidas por nosotros, sin que ello signifique en algunos de los casos una menor velocidad de cálculo (Mark IV, Harvard).

En estos tipos de máquinas sería posible utilizar los dispositivos disparadores descritos en el presente trabajo, en circuitos tales como contadores, sumadores, etc, y en este sentido se han iniciado trabajos".

Alcanzada esta fase del plan, era necesaria una mayor infraestructura para perfeccionar la producción de los elementos ferromesónicos y establecer nuevos elementos lógicos.

Las dificultades económicas para progresar se hicieron especialmente acuciantes en los cuatro años siguientes. Los proyectos del Instituto superaban los objetivos del "Patronato Juan de la Cierva", el cual desestimó una mayor ayuda para el grupo de García Santesmases. Se continuó a duras penas la investigación en ferromesancia al tiempo que se lograba realizar el primer analizador analógico español (G. S. y otros, 1955).

Entre tanto se suceden las publicaciones sobre ferromesancia en EE.UU y Europa.

Las experiencias del Departamento llevan a una nueva publicación en 1955 (G. S. y Rodríguez 1955). Desde este momento seguramente la labor del equipo de G. Santesmases hubiera decaído por falta de ayuda. La sociedad industrial y científica española se mostraba reticente ante estos investigadores, pero la internacional reaccionó y en 1956 el Organismo para la Investigación de las Fuerzas Aéreas Americanas en Europa (EOARDC) se interesó por la labor del Departamento y propuso ayudarlo.

La entrada de recursos norteamericanos hizo posible la realización de algunas de las aspiraciones del Instituto de Electricidad y Automática, nuevo nombre que adoptó el Departamento. Se formalizó un contrato entre el EOARDC y el Instituto, en abril de 1957, mediante el cual el Instituto se comprometía a realizar un programa de investigación sobre sus sistemas ferromesónicos de cálculo y control durante un periodo de dos años que, posteriormente, se prorrogó tres años más.

Los fondos necesarios para pagar al personal y comprar los materiales fueron suministrados por el EOARDC (según el propio organismo contratante, fue uno de los primeros y más importantes contratos realizados en Europa), mientras que la labor científica y su realización técnica estuvieron en manos del equipo investigador del Instituto.

Con ello se sentó, en España, un precedente de contrato a plazo fijo entre las Fuerzas Armadas y las Entidades Científicas, que era la tónica general en el mundo desarrollado. Además era un precedente aún más destacable por tratarse de unas Fuerzas Armadas de otro país.

De aquel contrato surgió gran cantidad de información que se concretó en cinco trabajos técnicos en los que se reflejan las investigaciones en circuitos combinacionales partiendo del elemento básico ferrorresonante. Se obtuvieron los circuitos de decisión necesarios para las operaciones lógicas fundamentales en computadoras digitales: "y", "o", su asociación, e "inhibición". En una segunda fase los trabajos se concentraron en la aplicación de aquellos circuitos a sistemas ferrorresonantes de cálculo. Así se obtuvieron el semi-sumador, el sumador, el registro de desplazamiento, etc. Se desarrolló un sistema completo de lógica de circuitos ferrorresonantes como se indica en la introducción del informe técnico Research on ferrorresonant computer and control device. Technical note nº 2. (G. S. 1958-1959).

"La atención especial ha estado fijada en el desarrollo de circuitos lógicos ferrorresonantes lográndose las operaciones fundamentales de "o", "y" e "inhibición" y el modo por el cual estos circuitos pueden ser acoplados para realizar todas las operaciones lógicas usadas en computadoras digitales" (G. S. 1958-59, p. 1)

La labor del Instituto demostró que los elementos ferrorresonantes podían utilizarse en todo tipo de circuito mientras que otros estudiosos internacionales como Cutler, Arbon & Jones y Proebster presentaban el empleo de elementos ferrorresonantes solo como elementos de memoria intermedios, según se recoge en el artículo "Ferroresonant Systems of circuit logic" (G. S., Alique y Lloret 1960 b)

Desde que se había demostrado que se podía realizar una máquina ferrorresonante completa, el Instituto hizo un esfuerzo apasionante para poder ofrecer una tecnología ferrorresonante competitiva frente a la de los transistores.

En la nota técnica número dos (G. S. 1958-59), capítulo segundo, se señala que, la necesidad de reducir el tamaño de los núcleos hasta donde la tecnología y los materiales existentes lo permitían se ha realizado con éxito, consiguiéndose una mayor estabilidad de los circuitos compuestos (circuito contador, semi-sumador, etc) y su mejora para la posible producción industrial:

"Una notable ventaja de estos elementos desde el punto de vista de la manufacturación industrial, reside en la posibilidad de usar un sólo control en bobina, común a todo el circuito ferrorresonante contenido en el *Multihole disc shaped*", p. 68-69.

Los *Multihole disc shaped cores* eran pequeñas piezas circulares, siempre menores de un centímetro de diámetro, que podían llegar a ser menores de 5 mm, y que estaban hechas normalmente de materiales cerámicos magnéticos. Venían a cumplir la función del núcleo ferromagnético presente en la autoinducción de todo circuito ferrorresonante.

En la nota tercera (G. Santesmases 1959-60) el trabajo se centró en aumentar la eficacia de los circuitos ferrorresonantes quitando bobinado y desarrollando nuevas composiciones de circuitos. También se investigó en otro tipo de circuito en el que se sustituía el inductor ferromagnético por una capacidad variable; siguiendo en parte el principio en el que se basaba el "Parametrón", circuito de tecnología cercana a la ferrorresonante, que se había desarrollado en Japón a finales de los años cincuenta.

"Nuestros más antiguos trabajos descritos en este capítulo han probado que los circuitos resonantes contruidos usando estos diodos de capacidad variable pueden ser usados en computación digital de forma más o menos similar a como se usan los inductores ferromagnéticos. Esta es otra razón que los hace muy interesantes para nuestros estudios.

La experiencia ganada en ferrorresonancia puede ser aplicada directamente en el nuevo circuito", (p. 46, nota técnica nº 3).

En las Technical (final) Report Task I y II (G. Santesmases 1960-62) se buscaron nuevos materiales (materiales magnéticos y películas magnéticas delgadas) para utilizarlos como núcleos sin lograr una mejora significativa frente a los modelos clásicos ferrorresonantes detallados en las anteriores notas técnicas del contrato. Se intentó hacer competitiva la tecnología pero no se logró plenamente como se nos muestra en este texto:

"Aunque la frecuencia de operación máxima no es tan alta comparada con otros elementos usados para computadoras, los elementos ferrorresonantes son muy interesantes en sistemas de moderada velocidad

Tecnología española de la Posguerra

de resolución, como son los circuitos de control digital en los que la velocidad requerida no es tan fuerte. Como circuitos de estado sólido, su fiabilidad, la larga vida de sus componentes, y las facilidades en la salida de información así como de su manejo, hacen que sea adecuado para este campo" (G. S. 1960-61, Conclusiones).

Los circuitos ferromesónicos aún en 1960 tenían un campo potencial de utilización como decía el equipo del Instituto, pero ya era inútil pensar en ellos como sustitutos de los tubos de vacío pues el transistor cumplía aquella función de forma más adecuada.

En 1962 finalizó el contrato con el EGARDC, que había supuesto uno de los intentos más concretos y firmes en el mundo para utilizar la ferromesancia como tecnología de computadoras. Con su conclusión quedaba claro que, dadas las cualidades que ya ofrecían los transistores, era inútil continuar con una investigación aplicada de alto coste. El equipo del Instituto siguió trabajando en el tema pero desde entonces más en el plano científico que tecnológico. Hay que tener presente que el circuito bistable inventado por G. Santesmases y los sistemas ferromesónicos de cálculo y control desarrollados por él y sus colaboradores, constituyeron un éxito de la Ciencia y Tecnología españolas independientemente de su aplicación al logro de una computadora ferromesónica.

Ahora, por contra, vamos a familiarizarnos con una máquina totalmente acabada: el Analizador Diferencial Electrónico. Representa, para nosotros y por tanto subjetivamente, el compromiso de todos los miembros del Instituto por dejar palpable su capacidad como investigadores y tecnólogos ante sus dirigentes científicos y políticos. Era, metafóricamente hablando, "la tarjeta de presentación" capaz de abrir las puertas para proyectos más arriesgados.

4. EL ANALIZADOR DIFERENCIAL ELECTRONICO (A.D.E.)

El ADE era una máquina analógica electrónica encuadrable en la primera generación europea de este tipo de diseños. Fue proyectado a finales de 1952 y terminado en 1954, llegó a tener una utilización académica de 20 años. Permitía la resolución de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes y variables, y también la obtención de ecuaciones diferenciales no lineales. Se trató de una máquina que cumplió sobradamente los objetivos para los que fue construida.

4.1 Las bases de partida

Los primeros trabajos publicados por García Santesmases sobre cálculo analógico estuvieron dedicados al estudio teórico y experimental de los circuitos de derivación e integración. El primero apareció en 1949 en colaboración con Justo Maffas, que fue su primer compañero de proyectos, (G. S. 1949) el siguiente en 1952 (G. S. 1952 c), tras ellos se abre un periodo de tres años hasta que se publica la labor realizada con respecto al ADE (G. S. 1955). En esta comunicación aparecen como colaboradores destacados José González Ibeas, uno de los becados para ir al Reino Unido en 1951 y Antonio Civit Breu.

La base de conocimientos tecnológicos que alcanzó el equipo, que configuró inicialmente el Departamento, procedía en parte de la formación que la Universidad española ofrecía, y por otro lado, de la adquisición de las maneras de hacer y de los contenidos que en el Reino Unido y EE.UU había asimilado el grupo. Lo cierto es que esta base fue más que suficiente para que los propios colaboradores y alumnos de G. Santesmases animaran a éste a diseñar y dirigir el proyecto del ADE. En el periodo 1952-53 el profesor Santesmases impartió el primer curso de Doctorado sobre "Computadoras Electrónicas" en la cátedra de Física Industrial de la Complutense, curiosamente en la rama de Química. Fue en el transcurso del mismo cuando se planteó la posibilidad de construir una máquina analógica para desarrollar, en lo sucesivo, las prácticas experimentales de dicho curso.

Se creó en el Departamento, que sería más tarde el IEA (Instituto de Electricidad y Automática), la Sección de Cálculo Analógico que se sumó a las líneas de investigación en cálculo digital y ferromagnetismo, manteniendo su actividad investigadora hasta principios de los 60.

"El enorme desarrollo conseguido durante este tiempo (década de los 50) por los sistemas digitales de cálculo no parecía favorecer la continuidad en esta línea de investigación (cálculo analógico), por lo que el Instituto, con la movilidad que le ha caracterizado a lo largo de su historia, decidió orientar esta Sección hacia un campo más prometedor, en el que, sin embargo, pudieran tener el adecuado aprovechamiento de la experiencia y conocimientos adquiridos por parte del personal que en aquellas épocas trabajaba en el Instituto; así nació la Sección de Control Automático". (Aleixandre, V.: Trabajos y realizaciones efectuados en el Instituto de Electricidad y Automática en el campo de la Automática" Revista de Informática y Automática. Año X, abril 1977, p. 49-50, Las palabras entre paréntesis no pertenecen al original).

El objetivo de la investigación determina las ayudas que dicho proyecto va a recibir. Por tanto, si el ADE tenía como fin la formación de los universitarios y la resolución de problemas científicos planteados en el ámbito de la Universidad, podía acceder a las ayudas en pro de la investigación científica realizada en la Universidad que, en el Sistema de Ciencia y Tecnología de mediados de los 50, sólo eran contempladas por el CSIC, el cual aportó un millón de pesetas.

4.2 Los objetivos logrados por el ADE

El ADE fue la primera calculadora electrónica construida en España. Aparte del mérito que ello ya de por sí representa, contaba con unidades de cálculo cuyo diseño era original, como el generador de funciones de una variable y el multiplicador, que constituirían por sí mismas aportaciones interesantes. El generador de funciones poseía refinamientos tales como la inclusión de elementos activos (válvulas de vacío). El multiplicador se mejoró tras la construcción final del ADE, incrementando notablemente la precisión; sus fundamentos fueron expuestos en la presentación del ADE en la "Journées Internationales du Calcul Analogique" celebradas en septiembre de 1955 en Bruselas (G. S. 1956), donde también se indicaron los principios básicos de un nuevo generador de funciones a diodos. Se realizaron ulteriores investigaciones sobre estos dos elementos en las tesis doctorales de dos colaboradores de G. Santesmases; A. Civit (G. Santesmases y Civit 1958 b) y J. González Ibeas (G. Santesmases y González Ibeas 1958c).

La sección de Cálculo Analógico continuó dedicándose:

"al desarrollo de algunas otras unidades analógicas, que permitieran aumentar la versatilidad del ADE, para así poder ampliar su campo de aplicación en la resolución de problemas muy específicos, caracterizados más por la dificultad de cálculo que por las dimensiones del problema, ya que las limitaciones presupuestarias y las características del centro hacían más aconsejable esta línea de actuación.

Las unidades especiales de Cálculo que se desarrollaron en esta segunda etapa (principios de los 60) fueron un transformador de coordenadas cartesianas a polares y un generador de funciones de dos variables".

("Trabajos y realizaciones efectuados en el Instituto de Electricidad y Automática en el Campo de la Automática", Op. cit. p. 49. Revista de Informática y Automática. Año X, Número extraordinario, Abril 1977. Las palabras entre paréntesis no pertenecen al texto original).

El generador de funciones de dos variables fue el fruto de la tesis doctoral de V. Aleixandre Campos, leída en junio de 1963, pero cuyo trabajo ya había sido presentado en el "Congreso para el Cálculo Analógico" celebrado en Opatija (Yugoslavia, 1962).

Como hemos visto el ADE fue la base de varias publicaciones y participaciones en Congresos así como de ulteriores desarrollos sobre sus componentes más esenciales. Logró de partida el reconocimiento científico y gubernamental con el premio en equipo "Juan de la Cierva" 1954. También fue valorado internacionalmente, como lo demuestra su acogida en Bruselas en 1955 y la presencia de referencias y reseñas en libros de la especialidad (Tomovic 1956, p. 105 y Tomovic y Karplus 1962, p. 129).

Antes dijimos que el ADE era una buena "tarjeta de presentación" para animar a los responsables de la política científica a abordar investigaciones más costosas. El proyecto de la construcción de una computadora digital, que a continuación sintetizamos en la única de sus partes que se realizó: la Unidad Aritmética Digital fue una de esas investigaciones del Instituto que requerían para realizarse la atención precisa por parte de las personas, organismos y empresas competentes económicamente en en el tema de la investigación y el desarrollo científicos.

5. LA UNIDAD ARITMETICA DIGITAL (UAD)

La UAD es sólo la parte que se pudo construir de la computadora digital y representa la primera fase del proyecto. Se trataba de un acumulador electrónico digital, que permitía sumar números de ocho cifras decimales en un tiempo inferior a un milisegundo; es decir, realizar más de mil sumas por segundo. La técnica básica que sirvió para la realización física de casi todas las funciones lógicas necesarias fue la de los circuitos de conmutación con rectificadores de selenio. Estos circuitos presentan dos estados que son el de resistencia al paso de corriente y el de ausencia de resistencia análogos al encendido y apagado de los tubos de vacío. Los rectificadores de selenio frente a los de germanio (presentes estos últimos en la Mark IV) fueron escogidos por ser el sistema más barato, si bien se limitaba la rapidez de operación debido a que absorbían más energía. La fabricación de los mismos corrió a cargo del taller del Departamento el cual hizo una labor artesanal.

Los circuitos formaban parte de unas unidades independientes que incorporaban innovaciones originales en su montaje. Estas unidades eran muy manejables pues iban enchufadas al chasis general de la UAD (Unidad Aritmética Digital) lo que permitía la rápida resolución de averías. Además de los circuitos de conmutación se normalizaron y realizaron otras unidades enchufables que fueron los circuitos bi-estables electrónicos y los circuitos *gates*. Tan sólo existe una obra que recoja una información detallada de la UAD (G. Santesmases 1957 b). La consecución de esta máquina exigió una labor investigadora previa, tanto teórica como experimental, que se inició en 1952. La UAD estaba terminada en 1956, año en el que hubo de abandonarse la construcción de la computadora digital.

5.1 Ayudas e influencias que recibió la UAD.

El objetivo de realizar una computadora digital no recibió ninguna ayuda nacional si exceptuamos las que se derivaron del propio Instituto de Electricidad y Automática. Este llevó a cabo una actuación en pro de ese objetivo desde 1950 hasta al menos 1958. Todos sus logros tecnológicos y proyectos de otra índole, como la organización del Congreso Internacional de Automática (Madrid 1958), parecen tener entre sus fines el de potenciar el objetivo de construir la computadora digital.

El Instituto nunca contó con subvenciones especiales del CSIC, del gobierno o de empresas nacionales para desarrollar este proyecto.

Paradójicamente los apoyos venían de los científicos extranjeros, incluso H. H. Aiken se trasladó a España para presionar en favor de G. Santasmases. El día 23 de mayo de 1952 se reunieron bajo la presidencia de Juan Antonio Suanzes, Presidente del INI y del Patronato "Juan de la Cierva" (dependiente del CSIC), las siguientes personas: Profesor Howard H. Aiken, Director del Computation Laboratory de la Universidad de Harvard; Manuel Lora Tamayo, Secretario General del Patronato "Juan de la Cierva"; José María de Gaztelu, Ingeniero del INI; Richard Johnson, Ayudante del Profesor Aiken y el propio José García Santasmases como Jefe del Departamento de Electricidad del CSIC.

En dicha ocasión se discutió el interés que ofrecía para España el establecimiento de un programa de trabajo sobre control automático y el proyecto y construcción de una computadora digital. J.A. Suanzes propuso un plan de organización donde la pieza clave sería un Departamento General que tendría como función realizar la investigación y el proyecto de la computadora, así como los aparatos de control automático cuyos elementos fundamentales podrían construirse en las empresas Experiencias Industriales, Marconi y Standard. También el Departamento General se ocuparía del montaje ulterior de las diferentes unidades y realizaría el control de calidad final (G. S. 1952 d).

Toda la labor de investigación y diseño la llevaría a cabo el Instituto de Electricidad y el Instituto Torres Quevedo encuadrados ambos en el patronato "Juan de la Cierva" del CSIC.

Se fijaron tres etapas:

1º Creación del Departamento General, asignándole el personal necesario y dotándolo del material que debía constituir el Laboratorio del mismo. La duración de esta fase sería de seis meses.

2º Realización del proyecto de la Computadora digital en sus líneas maestras, investigando las técnicas necesarias y creando modelos de los diferentes elementos para ser fabricados por la industria. La duración sería de seis meses a un año.

3º Fijación del proyecto definitivo, Construcción de sus elementos en las empresas, Montaje general y comprobación del comportamiento de los órganos de la máquina, El tiempo invertido estaría entre los dos años y dos años y medio.

Se llegó a realizar un avance del presupuesto del programa donde se indicaba que montar el Laboratorio costaría unos tres millones de pesetas en material y unas 750,000 pts en gastos generales en el primer año y medio. Por su parte la Computadora tendría un coste a lo largo de los cuatro años que durase el programa de 7,960,000 pts., contando que en el material se gastarían 4,750,000 pts y en el pago al personal 3,210,000 pesetas. La cifra global que se necesitaría para dotar al Departamento General y lograr construir una computadora en cuatro años sería aproximadamente de once millones de pesetas de la España de mediados del los cincuenta, y además, al menos un millón y medio sería en divisas (G. S. 1952 d).

No hubo ningún compromiso por parte de la industria, Experiencias Industriales, Marconi y Standard se inhibieron e incluso el propio Instituto Torres Quevedo no se interesó. H. H. Aiken con su colaborador y Santesmases procuraron que el Ejército español subvencionara parcialmente la experiencia y hablaron con el General Vigón, Jefe del Alto Estado Mayor, el cual aparentemente se manifestó a favor, pero dentro de las Fuerzas Armadas el espíritu de favorecer la investigación científica era bajo. Todos los intentos de motivar a la industria o al Estado fueron nulos hasta febrero de 1956 cuando el Ministro de Educación Joaquín Ruiz Giménez decide apoyar abiertamente la construcción de la máquina con una ayuda de cinco a seis millones de pesetas. La fortuna política quiso que dicha persona tuviera que abandonar su puesto y con él sus proyectos. La esperanza del IEA quedó definitivamente truncada, pues esta era la última ocasión de finalizar la máquina sin que hubiera una diferencia abrumadora con respecto a las computadoras del resto de Europa. El problema de la obsolescencia tecnológica comenzaba a ser demasiado grande con respecto a la marcha del programa.

El mérito de la UAD estuvo en haber sido construida con los medios y recursos económicos propios del IEA, lo que supuso un coste económico muy débil para el sistema de ciencia y tecnología, pero una sobrecarga tremenda para los técnicos e investigadores de dicho centro. En septiembre de 1956 Santesmases vuelve a pedir ayuda al CSIC consciente de que la UAD y el ADE tenían el suficiente peso específico para convencer a los incrédulos de la posibilidad de crear

la computadora por el coste prefijado de unos 9 millones de pesetas. En esta nueva petición predominaba la idea de crear una industria nacional capaz de ofrecer máquinas analógicas de tipo docente y de tipo industrial, y computadoras digitales de tipo medio y pequeño (cuyos costes estarían en unos cinco millones y en uno y medio respectivamente sin contar los gastos iniciales en investigación y material de primera instalación). Tampoco en esta ocasión hubo repercusiones. (G. S. 1956 b).

El proyecto estaba prácticamente abandonado cuando en 1957 el CSIC estaba interesado en dotar a su Centro de Cálculo de una computadora capaz de paliar sus necesidades. El Consejo inicialmente seleccionó algunos modelos del mercado para estudiar sus prestaciones y poder elegir, entre ellos. Estaba la UNIVAC 120 y el IBM 7070. Se compró este último, pero desconocemos las condiciones del contrato. El caso es que el CSIC pidió asesoramiento al grupo de G. Santesmases respecto de la UNIVAC 120. El Departamento de Electricidad contestó destacando las cualidades de esta máquina, pero señalando que la realización de una computadora nacional implicaría mayores ventajas que la compra de una extranjera (G. S. 1957 c).

Hasta aquí la descripción de los logros materiales del Instituto. Antes de pasar a su interpretación dentro del sistema institucional de ciencia y tecnología, debemos narrar un acontecimiento (el Congreso Internacional de Automática de Madrid en el año 1958) representativo del comportamiento de todos los protagonistas relacionados con las computadoras en la España de finales de los años cincuenta.

6. EL CONGRESO INTERNACIONAL DE AUTOMATICA.

Patrocinado por el CSIC, apoyado por el INI y la Remington Rand S.A, y organizado por el Instituto de Electricidad y Automática, entre el 13 y el 18 de octubre de 1958, se celebró en Madrid el " Congreso Internacional de Automática".

Todos los poderes científico-políticos españoles estuvieron presentes de alguna manera. Allí se volvieron a encontrar Santesmases y Suanzes, Lora Tamayo, Albareda, Otero, etc. Figuraron también como artífices de la reunión el Ministerio del Ejército, el Ministerio de Educación, el Alto Estado Mayor, la JEN (Junta de Energía Nuclear), Experiencias Industriales, S.A., Marconi Española, S.A., Standard Eléctrica, S.A., IBM, S.A. Española entre los más destacables.

En realidad, todo el peso de la organización lo llevaron H.H. Aiken al que apoyaba la Remington Rand y G. Santesmases y sus colaboradores. La Industria española y los poderes científico-políticos sólo actuaron como figurantes.

Aparte del hito que supuso el congreso, éste sirvió para que IBM comenzara otro interesante aspecto de la tecnología española, pues en 1958 hizo su primer anuncio de que fabricaría computadoras en España. Ello por fin, tranquilizó a nuestros poderes científico-políticos, que vieron en esta comunicación la réplica a las posiciones de G. Santesmases. Las posiciones dependencistas triunfaron sobre las independentistas. Ello contrasta aparentemente con la retórica presentación de los intereses nacionales efectuado por el Presidente del INI en la apertura del congreso.

"Tal vez pudiera preguntársenos las razones que nos han inducido a celebrar en Madrid un Congreso Internacional de Automática...España...está tratando de ganar el tiempo perdido...imprimiendo ritmo acelerado al proceso de industrialización, ...Tratar de incorporarnos a la era de la automatización, aunque sea quemando etapas, porque no podemos ni queremos estar ausentes en esta segunda revolución industrial". (J. A. Suanzes, sesión de apertura de el " Congreso Internacional de Automática", Madrid, 13-18 octubre 1958, Instituto de Electricidad y Automática, Actas, p.26)

Tecnología española de la Posguerra

¿Tal vez Suanzes pensaba que para quemar etapas, era imprescindible la tecnología extranjera y que, por ello, no merecía la pena dedicar recursos para favorecer el desarrollo de los proyectos científicos autóctonos? Los materiales que presentamos en el siguiente epígrafe así parecen sugerirlo. Y, en cualquier caso, ésta es la conclusión que se desprende de la reflexión que, casi un cuarto de siglo más tarde hiciera G. Santesmases:

"Vale la pena también señalar que hace unos años la revista "Science" órgano de la "American Association for the Advancement of Sciences", publicó un editorial sobre la política científica y tecnológica en España. Entre otras cosas decía las siguientes palabras -que si eran verdad por entonces lo siguen siendo ahora, desgraciadamente- que la política española se basa fundamentalmente para su industrialización en los "royalties" y en el "know-how" importado, por ello no resultará viable a la larga esta línea y reducirá a España al carácter de seguidor más que de líder... Los científicos españoles se hallan ahora profundamente frustrados. Saben que si se les da una oportunidad pueden competir bien y contribuir internacionalmente, al propio tiempo que sirven a su país.

Es triste ver una nación que descuida su mayor recurso natural; sus cerebros.

Si consideramos ahora la Ciencia bajo el punto de vista mundial, ofrece aspectos que vale la pena señalar. La colonización de las grandes potencias no se verifica actualmente por medio de la fuerza de las armas, sino por medio de la ciencia y la tecnología. Es un nuevo sistema de colonización más eficaz y sutil que el de aquellas". (Computadores, sistemas de inteligencia artificial y sociedad. J.G. Santesmases, Universidad de Santander 1982, p. 19-23)

Y, en relación al caso que nos ocupa, lo cierto es que IBM pondría la primera piedra de su primera fábrica española después de más de 15 años desde su anuncio en 1958.

Es importante destacar que en 1970, se construyó en nuestro país un miniordenador de propósito general, dirigido por Santesmases y realizado por el personal de la Cátedra de Física Industrial y del Instituto de Electricidad y Automática. Después de tantos años, G. Santesmases lograba construir una computadora digital en España. En esta máquina

Tecnología española de la Posguerra

se utilizaron tarjetas en las que se dispusieron las cápsulas y los circuitos integrados. De coste reducido, fue subvencionada por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, dentro de un contrato general de investigación sobre "Sistemas de Cálculo y Control por Técnicas discretas". Debemos señalar que esta no fue la primera máquina española, la empresa Telesincro de Barcelona ya había construido el *Factor "P"* en 1967.

Con los datos que se deducen de lo hasta ahora narrado en el artículo, más otros que a continuación iremos viendo, proponemos al lector una primera hipótesis sobre el funcionamiento del Sistema institucional de la Ciencia y la Tecnología en la España de los años cuarenta y cincuenta. Pretendemos con ello, dar algunos argumentos para que se valoren con otra luz las obras de determinados institutos e investigadores que comenzaron su actividad en la Posguerra.

7. EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INSTITUCIONAL ESPAÑOL DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y PRODUCCION INDUSTRIAL DE 1939 A 1962.

Debemos partir de la realidad constatable de una serie de instituciones que crean y desarrollan ciencia, otras que innovan y desarrollan tecnología desde bases científicas y otras que desarrollan y producen la tecnología aplicada a productos industriales. Hemos sintetizado las funciones y las instituciones para que podamos advertir la existencia de un sistema institucional de ciencia y tecnología. Este sistema institucional es la evidencia de las relaciones directas y de retroalimentación que se crean entre ciencia, tecnología y producción industrial.

Tras la Guerra Civil el Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología español cambia y toma unas directrices en las que destacan las prioridades industriales, sobre las científicas y tecnológicas. Toda industrialización debe tener un substrato tecnológico bien autóctono bien extranjero. Si se quiere acelerar el proceso de industrialización se ha de contar con un acceso puntual al saber hacer tecnológico; es decir, a mayor velocidad de industrialización mayor necesidad de acceder rápidamente al saber hacer tecnológico aplicado al producto industrial o al proceso productivo. En la España de 1939 la producción autóctona de recursos tecnológicos era muy limitada. El Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología se encontraba dañado por la Guerra Civil y esquilmo por la ideologización de las nuevas instituciones. Las posibilidades de producir tecnología autóctona por parte del Sistema Institucional, eran muy distantes de las necesidades que requería el objetivo de rápida industrialización y no obstante, el Estado puso al frente de la reconstrucción de la vida científica a personas no interesadas por ella.

Desde el punto de vista económico Braña, Buesa y Molero explican el hecho de forma clara y concisa:

"... puede afirmarse que el Estado opta, (entre 1939-1963) en aras de una mayor rapidez en el proceso de industrialización y con clara conciencia de las dificultades de implantar una política eficaz de investigación, por la adquisición en el exterior de la tecnología necesaria para iniciar nuevas producciones o para mejorar las existentes, relegando a un segundo plano el desarrollo de la investigación tecnológica en el interior del país" (Braña, Buesa, Molero, 1984, p. 164).

Tecnología española de la Posguerra

Puede ser que esta cita conteste de forma genérica las interrogantes que Lain Entralgo nos hiciera en 1973.

"La reconstrucción de nuestra vida científica fue realizada por personas a las que la ciencia no interesaba "de veras"...¿Por qué no fueron encargados de la dirección del Instituto Cajal los dos hombres más idóneos y autorizados para asumirla, Tello y de Castro? ¿Por qué la reedificación de los estudios físicos no fue encargada a Palacios y Catalán? ¿Por qué no se encomendó a Menéndez Pidal, Gómez Moreno, Dámaso Alonso y Lapesa la prosecución de las tareas que hasta 1936 habían llevado a cabo en el Centro de Estudios Históricos? ¿Por qué la conducta con Ortega y Zubiri fue la que fue entre 1939 y 1945? ¿Acaso entonces no fueron todos ellos personas disponibles? Si a los que durante esos años fueron rectores de nuestra política científica les hubiera interesado de veras la ciencia...¿habrían prescindido de los hombres que acabo de mencionar y de otros a ellos semejantes?" Lain Entralgo 1973, p. 138-139)

La Guerra Civil, los exilios posteriores y la depuración ideológica habían debilitado al sistema institucional de ciencia y tecnología, pero no son las únicas causas que contestan las preguntas de Lain Entralgo. Deberíamos admitir la preeminencia del proceso económico sobre el científico y tecnológico para responder adecuadamente. En última instancia fue la política económica la que determinó la científica y tecnológica. En el caso que nos ocupa -el del IEA- Suanzes sintetiza el predominio del INI sobre el patronato "Juan de la Cierva". Sus declaraciones a largo plazo como responsable último de la gestación de tecnología desde el patronato "Juan de la Cierva" desaparecen ante el "pragmatismo" que acompaña su gestión al frente del INI (véanse los apartados 5,1 y 6 del presente artículo). Resultaba inútil el esfuerzo desde el Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología por empujar el desarrollo económico. Los sectores defensores de la política industrial y los propios industriales al plantearse una industrialización con tecnología autóctona, observaban que los costes superaban hasta lo imposible esta opción a corto plazo. La alternativa elegida, pero no por ello la única, fue comprar tecnología exterior y aclimatarla al menos hasta que el proceso de industrialización se hubiera asentado. Esta situación se dio entre 1939 y 1962, periodo en el que se mantuvieron los criterios en política

industrial definidos entre 1938 y 1941 (Brafia, Buesa, y Molero p. 162-164). Durante estos años hubo unas fases más intensas que otras en la sustitución de importaciones, el acceso a tecnologías foráneas y los intentos de crear tecnología autóctona.

"...en la primera etapa (1940-1943)... es posible emprender un efectivo proceso de sustitución de importaciones que implica la creación de nuevas actividades industriales, gracias al aporte tecnológico y de maquinaria de las potencias fascistas, fundamentalmente Alemania; tal aportación, como consecuencia de los acontecimientos que marcan el curso de la Guerra Mundial, primero, y de su desenlace final, después, se ve fuertemente frenada a partir de 1943, lo que, unido a la enorme dificultad que la insuficiencia de la generación de divisas en la exportación comporta para financiar las importaciones, conduce a una etapa (1943-1952) en la que el mantenimiento del sistema productivo, más que su ampliación, constituyen la preocupación básica de la política industrial, y, finalmente, el cambio de coyuntura externa, por efecto de la Guerra Fría, que hace posible un nuevo acceso a recursos tecnológicos foráneos cuya reorientación se buscó en la etapa anterior -en el marco de una menor presión del estrangulamiento de la balanza de pagos- aspectos ambos en los que la ayuda americana juega un papel destacado-, permite el replanteamiento de los objetivos de sustitución de importaciones y, consecuentemente, una mayor beligerancia del Estado en su consecución (1953-1962)" (Brafia, Buesa, Molero 1984, p. 193 y 194, los años entre paréntesis no pertenecen directamente al texto citado)

Si leemos las memorias de la CTNE (Compañía Telefónica Nacional Española), teniendo muy presente que sin lugar a dudas esta compañía ha sido y es el demandante número uno de tecnología avanzada tanto en el campo de la electrónica como en el de las comunicaciones, tendremos que muestran hasta cierto punto la existencia de las fases señaladas por Brafia, Buesa y Molero. Entre 1940 y 1943 se hace continua mención de ITT y Standard Eléctrica S.A gracias a las cuales se logran los materiales para la explotación del servicio telefónico. En 1943 la situación era "imposible" con respecto a la falta de cobre que condujo a "ingeniosos esfuerzos para subsanar la falta de materias primas a base

Tecnología española de la Posguerra

de la adaptación de nuevas materias" (Memoria de CTNE año 1943 , p.5). En 1944 los problemas se agravan. Al año siguiente gran parte de las acciones de ITT pasan al Estado y la CTNE compra a su vez un sustancial número de acciones de Standard Eléctrica S.A. Ello permitió que el 29 de junio de 1946 se suscribiera con ITT, por un lado, y con Standard, por otro, contratos de asesoramiento técnico y de suministros. La memoria de 1946 expresa claramente la imposibilidad que tenía la CTNE de hacerse con los materiales precisos, aún esforzando la producción nacional tal y como se había intentado desde 1940. Era preciso importar los bienes necesarios, de lo contrario el servicio telefónico no se normalizaría hasta un período superior al deseado. En la Memoria de 1946 podemos leer:

"El programa para este año se preparó a base de un criterio obligatoriamente restrictivo, impuesto por la realidad, en cuanto a disponibilidades de materias primas y a facilidades de la industria, para la producción y entrega de los materiales necesarios, para el desarrollo de las instalaciones telefónicas...

...Teniendo en algunos casos un tanto por ciento elevado de los materiales necesarios a nuestra disposición, de los que, sin embargo, no se puede obtener utilización y provecho inmediato, por no disponer de elementos complementarios, todo ello a pesar del esfuerzo e ingenio desarrollados por esta Empresa para encontrar sustitutivos y la tolerancia en admitir materiales, en condiciones normales inadmisibles...

Si un cambio de las circunstancias... permitiera disponer de los materiales necesarios y de las facilidades de importación, imprescindibles hasta normalizar la producción nacional, los plazos se acortarian extraordinariamente para llegar a la normalidad. (Memoria de la CTNE año 1946, p. 8. Subrayado nuestro).

Los problemas de importación se suceden hasta 1950, año en el que la CTNE señala:

"Hoy podemos decir a nuestros accionistas y a los usuarios del teléfono que perseverando en ese propósito (normalizar el servicio), hemos trabajado en el año 1950 con nuestro mejor celo; y que habiendo encontrado en las fábricas de Londres, París y Amberes, asociadas a la Standard

Tecnología española de la Posguerra

Eléctrica S.A., facilidades en la adquisición de equipos y otros materiales necesarios a nuestro propósito, llegamos a obtener del gobierno autorizaciones de carácter excepcional, reveladoras de la consideración que al Poder Público merece el problema telefónico, y que fue valorada para esa concesión" (Memoria de la CTNE, año 1950, p. 4)

Entre 1951 y 1954 van reduciéndose los comentarios al respecto de la falta de materiales y bienes necesarios para acometer el servicio telefónico. Se señalan dos proyectos que se han realizado gracias al esfuerzo nacional en su totalidad o en gran parte (producción de cable coaxial desde 1953 y fabricación de sistemas de radio-enlace desde 1951). Justamente en 1955 ya no aparecen referencias sobre problemas para hacerse con materiales y bienes extranjeros. Ese mismo año coincide con el convenio entre las USAF y CTNE, en virtud del cual ésta realizaría las instalaciones telefónicas de las Bases Militares de Utilización Conjunta Hispano-Norteamericanas.

El texto que hemos subrayado en la cita de la memoria de 1946 es concomitante con la hipótesis que venimos apuntando. Si un Estado proyecta una política económica de sustitución de importaciones para acelerar el proceso de industrialización, puede verse obligado a contar con tecnologías foráneas para resolver rápidamente los problemas de producción, sobre todo si no tiene una sólida tradición de investigación pura y aplicada que respalde su industrialización. La URSS y Japón son ejemplos de industrializaciones posteriores a la primera fase de la Revolución Industrial que se apoyaron principalmente en sus capacidades tecnológicas interiores, gracias en buena medida a que sus sistemas de ciencia y tecnología estaban desarrollados y potenciados por el Estado.

Cuando no existe ni la tradición de investigar, ni la de gestar capacidades tecnológicas nacionales y se quiere industrializar el país en una o dos décadas, suele suceder que la creación de un sistema institucional de ciencia y tecnología pasa a ser un objetivo secundario; y sólo se piensa que será operativo una vez que el proceso de industrialización esté avanzado; hasta que ello no suceda, el sistema de ciencia y tecnología sólo podrá ocuparse de acomodar la tecnología foránea a las peculiaridades del mercado interno. Si se corta el suministro de tecnología foránea, el sistema institucional de ciencia y tecnología se verá reforzado momentáneamente con el único objetivo de producir la tecnología suficiente para paliar el proceso de

deterioro de los bienes de equipo e intermedios basados en tecnologías exteriores. De un modo o de otro, el sistema de ciencia y tecnología se llena de insuficiencias y desajustes que hacen posiblemente inútil su utilización en una fase avanzada de sustitución de importaciones de bienes de equipo e intermedios.

Esta fase sería la denominada "difícil" por Celso Furtado (Furtado, 1976), y en ella, el sistema de ciencia y tecnología se verá afectado de forma mucho más significativa que en la fase anterior, por factores como el coste salarial, la política de facilidades fiscales para la ubicación en el país de empresas foráneas y las estrategias de las compañías transnacionales.

La evolución del IEA tiene unos momentos que deberemos comparar con la periodización que hemos detallado en este epígrafe y que pertenece a la interpretación sobre el proceso de industrialización español realizada por Braña, Buesa y Molero (1984, p. 193-194).

1ª fase (1949-1950) . Creación de un marco físico e institucional para albergar las investigaciones en materia de computadoras.

Nace el Departamento de Electricidad (futuro IEA) del CSIC. Esta aparición tenemos que entenderla en conexión con el apartado número dos de este artículo, sobre todo en lo que respecta al periodo que va desde 1943 a 1951. En estos años las posturas de los dirigentes encargados de la política económica, científica y tecnológica evolucionan desde posiciones opuestas a la importación de tecnología hasta las favorables. En 1943 el que fuera Director General de Industria e ideólogo de la industrialización sustitutiva de importaciones Antonio Robert era partidario de crear una infraestructura de investigación con centros de experimentación y fondos de documentación para hacer una técnica nacional. José Antonio Artigas Sanz -Presidente del Consejo de Industria- en el mismo año, era contrario a la dependencia técnica. Por contra la Dirección General de Industria siempre se mostró abiertamente pro dependientista desde 1942. Ya en 1950 José Antonio Suanzes (Ministro de Industria, Presidente del INI, Presidente del Patronato "Juan de la Cierva") preconizaba el estímulo a las aportaciones técnicas o de capital extranjeras (véase Buesa 1983, p. 361 y siguientes). Se vivía el final de la fase de imposibilidad de acceso a la tecnología extranjera. Ello había conducido a abrir expectativas de desarrollos autóctonos a corto y largo plazo que se vendrán abajo una vez que la situación internacional varíe a finales de los años 1940. Estas expectativas se reflejan en la creación del

CETA (Centro de Estudios Técnicos de Automoción) en 1946 gracias a técnicos italianos, (Wifredo Ricart, antiguo Director de la Oficina de Estudios de Alfa-Romeo, junto con su equipo de ingenieros italianos (Buesa 1983, p. 410-414); también en la formación del Instituto de Electrónica del Patronato "Juan de la Cierva" por técnicos alemanes exiliados entre los que figuraba W. Ruppel especialista en telecomunicaciones. Por otra parte el Departamento de Electricidad estaba en esta línea pero sin necesitar reclutar "materia gris" exterior.

2ª fase (1950-1952). Adquisición de saber científico y tecnológico en el extranjero por parte del Departamento de Electricidad.

En este periodo G. Santesmases descubre la aplicación de la ferromresonancia a la tecnología de computadoras con lo cual crea unos lazos de unión fuertes con los centros internacionales de producción tecnológica en materia de computadoras. Al regresar a España el potencial de G. Santesmases y sus colaboradores queda aislado dentro del Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología nacional, pues éste no estaba diseñado para dar vía libre a un empuje tan fuerte desde una institución científica hacia el resto del Sistema. Dado que los objetivos económicos marcan pautas a los tecnológicos y científicos en el Sistema Institucional, era lógico que no hubiera reacciones de dicho Sistema cuando los empujes venían del lado de la ciencia y la tecnología salvo en casos especiales como el CETA y el Instituto de Electrónica. Estos contaban con mayores posibilidades y repercusiones pues partían de una teórica superioridad científica y tecnológica (dado que sus investigadores eran italianos y alemanes respectivamente) con respecto al resto del Sistema.

El Departamento de Electricidad queda como una *isla* dentro del Sistema. Sólo el ADE, el proyecto más económico, menos atrevido y más predominantemente científico-académico, recibió el apoyo necesario por parte del Sistema Institucional, lo cual puede permitirnos teorizar que la parte científica del Sistema funcionaba relativamente bien comparada con la tecnológica y la de producción. En efecto, hasta 1952 se había seguido un proceso que permitió llegar al momento en el que el Departamento de Electricidad era capaz de crear tecnología autóctona; es entonces cuando el presupuesto se estanca, las expectativas se cierran y el proyecto entro en crisis. La posición de Albareda (Albareda 1951, p. 396) coincide con la explicación más corriente dada a nuestro atraso tecnológico, que incide en el poco interés de nuestras instituciones científicas por el mundo industrial y viceversa. La realidad es que el tipo de

industrialización acometido no necesitaba una constante comunicación entre ambos mundos y desgastó en gran medida a las instituciones científicas, pues las necesidades de acomodación y aprendizaje de la tecnología foránea por parte de las industrias hizo que éstas atrajesen a los científicos, gracias a mejores sueldos, hacían funciones lejanas de las de creación de tecnología básica. Por ejemplo, un gran número de colaboradores de G. Santesmases pasaron a empresas españolas donde realizaron tareas de acomodación, reparación y especificación de tecnologías extranjeras. Esto iba contra la rentabilidad de la formación de aquél personal por parte del IEA.

3ª fase (1950-56) . Regreso a España para realizar proyectos de computadoras y componentes digitales.

En estos años se suceden los informes de viabilidad de las investigaciones dirigidos a la Dirección del CSIC. Dichos informes plantean que si se quería realmente ponerse al día en la tecnología de computadoras, había que aprovechar el breve plazo de tiempo que le quedaba a aquella ciencia para convertirse en una industria. Téngase en cuenta que una vez que la tecnología sale de la Universidad y centros de investigación para ser acomodada y utilizada con fines productivos por la industria, es abrumadoramente más difícil hacerse con los conocimientos, las patentes y las licencias necesarias. El hecho de que las compañías americanas, europeas y japonesas empezaran a innovar y desarrollar tecnología de computadoras en sus propios centros de I+D (Investigación y Desarrollo) hacia cada vez más antieconómica la realización de proyectos en las universidades.

Desde principios de los años 1950 en España la política económica se hace claramente partidaria de la importación de tecnología. Suanzes abogaba por una mayor intervención de la investigación y la técnica española, pero aceptando los consejos y experiencia extranjeros dentro de unos límites racionales. (Arriba 18 de julio 1952 "La industrialización, Obra evidente y preeminente del régimen de Franco",)

Antonio Robert cambia su actitud de 1943 y nos dice: "Parece ociosa pérdida de tiempo y de esfuerzo, atentatoria a los intereses de la economía nacional, tratar de reinventar, disponiendo de muchos menos recursos, lo que ya han inventado otros, cuando esos otros nos ofrecen el fruto de largos años de esfuerzo, a cambio de una remuneración razonable... Cuando hayamos asimilado íntegramente la técnica extranjera entonces podremos dedicarnos a mejorarla". (ROBERT, 1954 págs 193-194)

El IEA era una institución productora de tecnología básica que el sistema de ciencia y tecnología nacional no demandaba, ya que lo que pedía éste era tecnología de especificación, de especialización y acomodación de la tecnología básica foránea. La diferencia entre tecnología básica y de especificación es que la primera se sustenta en la investigación y abre posibilidades de nuevas innovaciones, especializaciones, especificaciones, etc, la segunda tiene por sustrato el aprendizaje y su carácter de especialización impide futuras evoluciones. El IEA, por tanto, se queda aislado interiormente, pero en contacto con los centros de producción de tecnología de EE.UU y Europa.

4ª fase (1957-1962) . Crisis del proyecto y objetivo del IEA y salida gracias al apoyo del EDARDC.

El IEA logró un contrato con el EDARDC (desde 1957 hasta 1962) sin trabas estructurales y en las mejores condiciones posibles. La ayuda económica se destinó a investigaciones en ferorresonancia. El objetivo de diseñar los circuitos básicos para una computadora se logró plenamente, pero para finales de los cincuenta la tecnología ferorresonante ya no podía competir con la de los transistores. Los problemas estructurales españoles habían retrasado la posibilidad de crear circuitos ferorresonantes factibles de utilización industrial entre 1952 y 1956; para 1959, cuando éstos ya estaban diseñados gracias al contrato con el EDARDC, la coyuntura tecnológica entre los transistores y los circuitos ferorresonantes era adversa a los últimos. El párrafo anterior toma pleno contenido al plantearnos que en Japón, país que no había inventado el transistor, se trabajó desde 1954 en el "parametrón" (un circuito de características cercanas a los ferorresonantes) y que desde 1958 se instaló en máquinas industriales hasta que fue barrido por el transistor (G. Santesmases 1972)

A finales de la década de los años 1950 el Estado comienza a cambiar su política científica y tecnológica. Nace la Comisión Asesora de Investigación Científica y técnica en 1958, las Asociaciones de Investigación Industrial en 1961 y el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica en 1964. Estas nuevas instituciones sirvieron de lazo de unión entre las partes del sistema encargadas de la ciencia y la tecnología y las encargadas de la producción industrial. Los logros parecen ser inmediatos. En un artículo publicado en Suanzes 1962 así lo constata, tal como se muestra en la siguiente cita:

Tecnología española de la Posguerra

"A lo largo del año transcurrido desde nuestra última reunión... se aprecia una marcada tendencia en muchas ramas de la industria, a aproximarse a nuestros Institutos y Centros, solicitando determinadas investigaciones o informes y contratando diferentes tipos de trabajos. El interés se concentra, tanto y muy especialmente en las calidades de materiales y productos, como en el estudio de métodos y procedimientos adecuados de fabricación.

Esta satisfactoria y prometedora actitud, que coincide con la creación de las Asociaciones de Investigación, es debida a mi juicio, a los estímulos de la competencia, tanto interna como externa, y activamente impulsada por las perspectivas de incorporación a un amplio mercado en el que no jugasen los aranceles " (Suanzes 1963, p. 193).

De ser cierto el juicio de Suanzes, confirmaría el predominio del tirón del mercado como causa de la realización de progresos tecnológicos de tipo específico, especializado y de acomodación de la tecnología básica foránea. Ello representa la entrada en una nueva fase del Sistema Institucional de Ciencia y Tecnología español. La causa puede deberse a la aceleración en el proceso de sustitución de bienes de equipo e intermedios que fuerza la demanda de tecnología de especificación por parte de la industria, hacia los centros de investigación e institutos.

En el periodo anterior la comunicación no fue necesaria pues las instituciones de producción industrial del Sistema extraían los tecnólogos precisos de las instituciones de ciencia y tecnología gracias a retribuciones más altas. En la nueva fase, de sustitución de importaciones de bienes intermedios, no bastaba con un tecnólogo especializado en acomodar tecnologías básicas forneas, era necesaria la labor de equipo, la concentración de medios y materia gris en una escala superior; por ello se comenzaron a trasladar los problemas tecnológicos de la industria a los Institutos y Centros del sistema de ciencia y tecnología bajo fórmulas de contrato que aumentaban la retribución de los científicos, lo cual iría mejorando a la estabilidad de las Instituciones científico-tecnológicas.

"Finalmente, debe señalarse que, en las fases finales del proceso sustitutivo, la importación de tecnología se enfrenta a nuevas situaciones (¿son realmente nuevas o es que se le da un respiro a las capacidades nativas?), pues si de una parte se ha creado una cierta capacidad tecnológica doméstica, fruto del proceso de aprendizaje, y por otro, se considera que la transferencia de tecnología desde la matriz a sus empresas filiales no está exenta de costes y dificultades, no es de extrañar que en los países receptores se demande crecientemente una mayor participación de la generación y difusión de innovaciones por parte de las empresas domésticas. Nuevamente aquí nos encontramos con la acción del Estado creando o promocionando instituciones y centros que canalizan esas demandas e impulsan las iniciativas internas" (Buesa 1983, p. 349. La interrogación no es del autor).

Es factible profundizar en la fase de sustitución de importaciones de bienes intermedios, de equipo e incluso de bienes con alto grado de valor añadido por causa de la tecnología que portan, pero su estudio escapa a nuestras posibilidades actuales.

Han quedado fuera de este ejercicio, lamentablemente, algunos puntos de vista que por su envergadura hemos evitado. Se trata de la relación entre la necesidad de capital extranjero y la entrada de tecnología foránea. Esto deviene de nuestro interés por conocer la generación interna de tecnología y de la prioridad que damos a la ciencia en el Sistema Institucional de Ciencia, Tecnología y Producción industrial. Un trabajo más pormenorizado de este Sistema, basándose en casos reales que den nuevas pistas, nos permitirá subsanar esta falta. Así lo esperamos.

BIBLIOGRAFIA

ALBAREDA, José M^a (1951), Consideraciones sobre la investigación científica, Madrid, Ed. CSIC, pp.466.

ALBARRACIN, Agustín, (1985). Santiago Ramón y Cajal e Hispanoamérica, Ensayo presente en PESET, José Luis (edición a cargo) La ciencia moderna y el Nuevo Mundo, (Actas de la I Reunión de Historia de la Ciencia y de la Técnica de los Países Ibéricos e Iberoamericanos, Madrid 25-28 sep. 1984) Madrid, Ed. CSIC, pp.462.

ALEIXANDRE, Vicente, (1977). Trabajos y realizaciones efectuados por el Instituto de Electricidad y Automática en el campo de la Automática, Revista de Informática y Automática, Año X, Número extraordinario, abril, 1977, pp. 49-51.

BRANA, Javier, BUESA, Mikel y MOLERO, José, (1984), El Estado y el cambio tecnológico en la industrialización tardía. Un análisis del caso español, 1^a edición, Madrid, Ed. FCE, pp. 380.

BUESA, Mikel, (1983), El Estado en el proceso de industrialización: contribución al estudio de la política industrial española en el periodo 1936-1963, (Tesis doctoral), Madrid, Ed. UCM, pp. 519

CTNE, Memorias (de 1940 a 1955), Madrid, Edita CTNE.

DDS SANTOS, T y OTRDS, (1973), La dependencia política-económica de América Latina, México, Ed. Siglo XXI, 5^a edición, pp. 239

DOSI, Giovanni, (1984), Technical Change and Industrial Transformation (the Theory and Application to the Semiconductor Industry), 1^a edición, Hong Kong, Ed. The Macmillan Press LTD, pp. XV y 338.

FURTADO, Celso, (1976), El desarrollo económico: un mito, México, Ed Siglo XXI, pp. 141.

G. S. *Nota: todas las referencias con estas iniciales o con G. Santesmases pertenecen a GARCIA SANTESMASES, José,*

GARCIA SANTESMASES, José, (1943), Sobre ciertos aspectos de la Ferrorresonancia de un circuito, Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química, Tomo 38, pp.21-39.

GARCIA SANTESMASES, José. (1943). Contribución al estudio del la Ferrorresonancia y de la Autoinducción . (Premio "Juan de la Cierva") , Madrid, Ed. CSIC, pp. 112.

GARCIA SANTESMASES, José. (1943 b). Aplicación de una expresión analítica de la curva de magnetismo, Anales de la RSEF y Q. , número 39. Año 1943, pp. 410-413.

GARCIA SANTESMASES, José. (1944), Contribución al estudio de algunos semiconductores. 1. Carborundum y sulfuro estannoso. En colaboración con José Baltá, Anales de la RSEF y Q. , Tomo XL, número 384. Año 1944, pp.133-154

GARCIA SANTESMASES, José. (1948 a), Sobre la lposibilidad de un espectroscopio electrónico. En colaboración con Justo Mañas, Anales de la RSEF y Q. , Tomo 44, Serie A-Física, Número 1y 2, pp.53-69.

GARCIA SANTESMASES, José. (1948 b), El microscopio electrónico y sus aplicaciones en Biología, (Memorias del primer Congreso Hispano-Luso de Farmacia, Madrid mayo 1948) , Madrid, pp. 169-190.

GARCIA SANTESMASES, José. (1949). Circuitos para derivación e integración, En colaboración con MAÑAS, Justo, Anales de la RSEF y Q. , Tomo XLV, Serie A-Física, Julio-agosto, pp.329-348.

GARCIA SANTESMASES, José. (1950). Informe sobre "máquinas calculadoras" . Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, 18 enero 1950, pp. 8

GARCIA SANTESMASES, José. (1951-1952), The Shift Circuit. Progress Report nº 21 . Cambridge (EE,UU). The Computation Laboratory, Universidad de Harvard.

GARCIA SANTESMASES, José. (1951 b), Informe sucinto sobre las grandes máquinas digitales de cálculo . Mecanografiado (por atención del autor), Departamento de Electricidad del CSIC, Madrid, 6 febrero 1951, pp. 17

GARCIA SANTESMASES, José. (1952), Fundamental principles of parallel ferroresonance. Progress Report nº 22 . Cambridge (EE,UU). The Computation Laboratory, Universidad de Harvard.

GARCIA SANTESMASES, José. (1952 b), Circuito "Trigger" ferrorresonante aplicable a máquinas calculadoras electrónicas, Anales de la RSEF y Q. , Tomo XLVIII, Serie A-Física, Número 5 y 6, mayo-junio 1952, pp.171-172.

GARCIA SANTESMASES, José, (1952 d), Informe sobre control automático y máquinas calculadoras, Mecanografiado (por atención del autor), Dirigido a Juan Antonio Suanzes, Presidente del INI, Madrid, 10 junio 1952.

GARCIA SANTESMASES, José, (1954), Parallel ferroresonant triggers (Actas del congreso "Máquinas Calculadoras Electrónicas" Teddington 1953) Teddington Middlesex, Reino Unido, National Physical Laboratory, pp. 186-194.

GARCIA SANTESMASES, José, (1954 b), Circuito disparador basado en la ferorresonancia en paralelo, En colaboración con M. Rodríguez y J. Sánchez, Anales de la RSEF y Q., Tomo L, Serie A-Física, Número 3-4, marzo-abril 1954, pp. 47-54

GARCIA SANTESMASES, José, GONZALEZ, José, CIVIT, Antonio y OTROS, (1955), Analizador diferencial electrónico (Investigación, proyecto, y realización), Premio Juan de la Cierva en equipo 1954, Madrid, Ed Patronato "Juan de la Cierva", pp. 114

GARCIA SANTESMASES, José, y RODRIGUEZ, M, (1955 b), Circuit déclencheur ferroresonant parallel a réaction, L' Onde électrique, Vol. 35, febrero, pp. 165-173.

GARCIA SANTESMASES, José, (1956), Analyseur defferentiel electronique IE_CSIC (Actas de las "Journées Internationales du Calcul Analogique", Bruselas, sep. 1955), Bruselas, 1956, pp. 82-87, Traducción en Revista de Ciencia Aplicada, número 50, 1956, pp. 194-200.

GARCIA SANTESMASES, José, (1956 b) Informe preliminar sobre la construcción de máquinas electrónicas en España, bajo el punto de vista industrial, Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, sep. 1956, pp.10

GARCIA SANTESMASES, José, y EQUIPO del IEA (1957-1958), Research on ferroresonant computer and control devices. Technical Note nº 1, Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, IEA

GARCIA SANTESMASES, José, (1957 b), Contribución al desarrollo en investigación de las máquinas calculadoras electrónicas y sus elementos básicos, (Premio "Francisco Franco" de Investigación Técnica, Individual), Madrid, Ed. IEA_CSIC, pp. 112

GARCIA SANTESMASES, José. (1957 c). Informe sobre la instalación de una máquina digital en el CSIC. Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, mayo 1957, pp. 8.

GARCIA SANTESMASES, José. y CIVIT, A. (1958 b). Multiplicador y divisor analógico a integraciones periódicas. Anales de la RSEF y Q., Tomo 54, Serie A-Física, número 5-6, Mayo-junio, 1958, pp. 127-138.

GARCIA SANTESMASES, José. y GONZALEZ, J. (1958 c). Un generador de funciones de diodos con modulación de señal. Anales de la RSEF y Q. Tomo 54, Serie A-Física, Número 9-10, Sep.-oct, 1958, pp. 263-280.

GARCIA SANTESMASES, José. y EQUIPO del IEA (1958-1959). Research on Ferroresonant Computer and Control Devices. Technical Note nº 2. Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, IEA.

GARCIA SANTESMASES, José. y EQUIPO del IEA (1959-1960) Research on Ferroresonant Computer and Control Devices. Technical Note nº 3. Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, IEA.

GARCIA SANTESMASES, José. y EQUIPO de IEA. (1960-1961). Research on Ferroresonant Computer and Control Devices. Technical (final) Report Task I, I Bulk Materials. Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, IEA., pp. 14.

GARCIA SANTESMASES, José. ALIQUÉ, M. LLORET, J.L. (1960 b), ferroresonant Systems of Circuit Logic. Proceedings of the IEE. Vol. 107, Parte b, nº 32.

GARCIA SANTESMASES, José. y EQUIPO del IEA. Technical (final) Report Task II, II Thin Films. Mecanografiado (por atención del autor), Madrid, IEA, pp. 14

GARCIA SANTESMASES, José. (1972). Ferroresonant Devices. Capítul. NALCEZ, M. Trends in Control Components. Amsterdam, Ed. North-Holland, 1972, pp. 155-186.

GARCIA SANTESMASES, José. (1980). Obra e inventos de Torres Quevedo. Valencia, Ed. Artes Gráficas Soler SA e Instituto de España, pp. 367.

GLICK, Thomas F. (1986). Einstein y los españoles. Ciencia y sociedad en la España de Entreguerras. (Alianza Universidad), Madrid, Ed. Al Editorial, pp. 327



5307406464

GONZALEZ, Pedro, JIMENEZ, José y LOPEZ, J. M^a. (1979). Historia y sociología de la ciencia en España. Madrid, Ed. Al Editorial, pp. 190.

ISBORN, C. (1952). Ferroresonant flips-flops. Electronics, nº 25-4, pp. 121-123

KATZ, Jorge M. (1976). Importación de tecnología, aprendizaje e industrialización dependiente. 1^a edición. México, Ed. FCE, pp. 224.

LAIN, Pedro. (1973). Más sobre la Ciencia en España. Capítulo. AA.VV. Once ensayos sobre la Ciencia. (Colección Ensayos). Madrid, Ed. Fundación Juan March, pp. 131-144.

NIETO, Alejandro. (1985). El futuro de la Universidad española. Conferencia. AA.VV. Pasado, presente y futuro de la Universidad española. Madrid, Ed. Juan March (Fundación), pp. 117-140.

OLANGUE DE RDS, Guillermo. (1985). Tentativas y fracasos de reforma de la asistencia psiquiátrica en la España contemporánea; el caso de Granada (1920-1955). Ensayo presente en PESET, J. L. (Edición a cargo). La ciencia moderna y el Nuevo Mundo. Madrid, Ed. CSIC, pp. 423-441.

PESET, J.L. (1986). Introducción. MURDOZ, E y ORNIA, F. Ciencia y tecnología: una oportunidad para España. Madrid, Ed Aguilar y Ministerio de Educación y Ciencia, pp. 13-39.

RAMON Y CAJAL, Santiago. (1897). Deberes del Estado en relación con la producción científica. GARCIA CAMARERO, Ernesto y Enrique (compiladores). La polémica de la ciencia española. Madrid, Ed. Al Editorial, 1970, pp. 373-399.

ROBERT, A. (1954). Perspectivas de la economía española. Madrid, Ed. Cultura Hispánica.

SEERS, D. y OTROS. (1981). La Europa subdesarrollada. Madrid, Ed Blume, pp. 397.

SUANZES, Juan Antonio. (1963). 8 discursos de Suanzes. Madrid, Ed. Centro de Estudios Económicos y Sociales del INI. pp. 217.

TOMOVIC, R. (1956). Calculteurs Analogiques Répétitifs. Paris, Ed. Masson-Cie.

TOMOVIC, R. y KARPLUS, W. J. (1962). High Speed Analog Computers. Londres, Ed. John Wiley.

Tecnología española de la Posguerra