

Primeros desarrollos de tecnología radar en los principales beligerantes de la II Guerra Mundial. Un análisis desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad

Quiroga, Juan Martín

Primeros desarrollos de tecnología radar en los principales beligerantes de la II Guerra Mundial. Un análisis desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 29, núm. 57, 2018

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14560144002>

Primeros desarrollos de tecnología radar en los principales beligerantes de la II Guerra Mundial. Un análisis desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad

Early development of radar technology in main belligerent countries of World War II. An analysis from the Science, Technology and Society perspective

Primeiros desenvolvimentos de tecnologia de radar nos principais beligerantes da Segunda Guerra Mundial. Uma análise a partir da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade

Juan Martín Quiroga jquiroga@unrn.edu.ar
Universidad Nacional de Río Negro, Argentina

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 29,
núm. 57, 2018

Universidad Nacional de Entre Ríos,
Argentina

Recepción: 01 Febrero 2018
Aprobación: 27 Junio 2018

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=14560144002](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14560144002)

Resumen: En el presente trabajo se presenta una historia de la tecnología radar desde una perspectiva socio-técnica. Para ello se analizan los casos de desarrollo simultáneo durante la década de 1930 y hasta finales de la II Guerra Mundial en Alemania, Estados Unidos, Japón, la ex urss y el Reino Unido. Se recurre al concepto de co-creación a fin de explicar cómo la tecnología y la sociedad se modelaron mutuamente y generaron diversos estilos tecnológicos vinculados al radar. El artículo, basado en fuentes secundarias, realiza un aporte sobre la historia de una tecnología sobre la cual existe escaso material en castellano.

Palabras clave: Radar, Historia de la tecnología, Co-creación.

Abstract: This article presents a brief history of the radar technology, from a sociotechnical approach. Thus, the analysis is centered in the cases of simultaneous development during the 1930's and until the end of World War II in Germany, Japan, United Kingdom, United States, the ex ussr. The concept of co-creation is used in order to explain how technology and society were mutually shaped and, therefore, different socio-technical styles, linked to the radar, arose. The article is based on secondary sources and is a contribution to the history of a technology about which there is little material in Spanish.

Keywords: History of radar, History of Technology, Co-creation.

Resumo: No presente trabalho, uma história da tecnologia de radar é apresentada, a partir de uma perspectiva sociotécnica. Para este fim, são analisados os casos de desenvolvimento simultâneo durante a década de 1930 e até o final da Segunda Guerra Mundial na Alemanha, nos Estados Unidos, no Japão, na antiga urss e no Reino Unido. O conceito de cocriação é usado para explicar como a tecnologia e a sociedade se modelaram mutuamente e geraram diferentes estilos tecnológicos ligados ao radar. O artigo, baseado em fontes secundárias, faz uma contribuição para a história de uma tecnologia sobre a qual existe pouco material em castelhano.

Palavras-chave: Radar, História da tecnologia, Cocriação.

I. Introducción

El radar es una tecnología utilizada para la detección de objetos por medio de ondas de radio que permite obtener información relevante sobre ellos. Esta comenzó a ser desarrollada a comienzos del siglo xx en forma simultánea en distintos países, particularmente a partir de la década de 1930.

Este artículo tiene por fin presentar el estado del arte respecto a los primeros desarrollos de los radares en diversos países hasta, aproximadamente, la finalización de la II Guerra Mundial (iigm)¹. Puesto que las fuentes consultadas priorizan una interpretación de la historia del radar basada en un enfoque clásico de historia de la tecnología, en este trabajo se propone una reinterpretación del desarrollo de la tecnología radar desde un enfoque socio-técnico, buscando comprender cómo la sociedad influyó en el desarrollo de esta tecnología. Para ello se parte de la afirmación de que el desarrollo tecnológico no es autónomo, sino que es influenciado por factores sociales, así como la sociedad también es influida por la tecnología.

En el artículo se analiza cómo la construcción de diversas posiciones geoestratégicas en los años previos al conflicto bélico constituyeron un marco en el cual se interpretó la utilidad del radar, se le otorgó mayor o menor apoyo a su desarrollo y, adicionalmente, los adelantos técnicos fueron implementados de formas que generaron diversos grados de innovación según la manera en que fueron utilizados. Adicionalmente, el artículo busca reflexionar sobre el hecho de que el desarrollo tecnológico *per se* no garantiza una maximización del provecho obtenido por la implementación de nuevas tecnologías.

Para ello, se recurre al enfoque del Constructivismo Social de la Tecnología (cost), el cual se centra en la consideración de que la tecnología y la sociedad conforman un tejido sin costuras, en conjunto con la política y la economía (Bijker, 2006; 2013 [1987]; Bijker y Pinch, 2013 [1987]). Según esta literatura, los artefactos tecnológicos son construidos e interpretados socialmente, y el desarrollo tecnológico no es direccionalizado hacia un artefacto ideal, preestablecido por los actores sociales, sino que, por el contrario, éste es dotado de cierto significado según el actor en cuestión.

Siguiendo a Thomas (2013), se recurre al concepto de estilo socio-técnico, el que hace referencia a una forma determinada de producir tecnología y construir su funcionamiento y utilidad. Es por ello que el foco del análisis se pone en las diferencias que se dan entre las posiciones geoestratégicas de cada uno de los casos de los países analizados, las cuales afectaron el impulso otorgado al desarrollo del radar. Y esto también influyó en la utilización práctica que de esta tecnología se hizo. Avanzada la contienda y habiéndose hecho uso del radar, el aprendizaje realizado en cada uno de estos países, junto con el cambio geo-estratégico en su situación en la guerra (ofensiva o defensiva) generaron, a su vez, cambios respecto al rol que se asignaba al radar en el marco del conflicto bélico.

El texto se estructura de la siguiente manera. En primer lugar se revisan los antecedentes y tecnologías precursoras del radar para luego realizar un repaso de su desarrollo en los principales beligerantes de la iigm: Alemania, los Estados Unidos (ee.uu.), Japón, el Reino Unido y la Unión de Repúlicas Socialistas Soviéticas (urss). Luego se presenta el caso del diseño y fabricación de radares de microondas y de la misión Tizard, que generó una significativa transferencia de tecnología entre el Reino Unido y los Estados Unidos. El artículo finaliza con la presentación de las conclusiones del análisis.

II. Antecedentes y desarrollos iniciales de la tecnología radar

Hacia fines del siglo xix ya existía la base de conocimientos sobre la que se desarrollarían los radares. El científico ruso Aleksandr Stepánovich Popov, luego de los experimentos que realizó con emisores y receptores de radio en el mar Báltico en 1897, fue el primer investigador que documentó la posibilidad de detectar objetos por medio de ondas de radio. La utilización de ondas de radio, de mayor largo de banda que las utilizadas por Hertz, para comunicación tardaría unos años más en llegar de la mano de Guglielmo Marconi, quien constituyó una empresa que fabricaba sistemas de comunicación para barcos, desarrollando con el paso del tiempo nuevos diseños de transmisores y receptores y dando origen a la industria electrónica (James, 1989; Brown, 1999).

Pocos años después, en 1904, fue otorgada la primera patente relacionada con la aplicación de las ondas de radio para detectar objetos. Fue presentada por Christian Hülsmeyer, un investigador alemán que además construyó y llevó adelante la comercialización del primer dispositivo de detección de objetos para barcos, al cual bautizó *Telemobiloskop*. También se pueden incluir en la lista de precursores del radar a Nikola Tesla, Guglielmo Marconi –quien en 1922 también propone un dispositivo anticolisiones– y a Robert Watson Watt, cuyo desarrollo de métodos para ubicar tormentas en la década de 1910 tendría aplicaciones directas en la iigm (Brown, 1999; Thumm, 2001; Chernyak e Immoreev, 2009).

Durante la década de 1930, en países como Alemania, Estados Unidos (ee. uu.), Francia, Holanda, Italia, Japón, el Reino Unido y la urss se realizaron investigaciones y desarrollos sobre detección de objetos por ondas de radio. Cabe mencionar que por tratarse de una tecnología con aplicaciones duales, tanto militares como civiles, en ella se interesaron, además de las fuerzas armadas, laboratorios gubernamentales y universidades, empresas privadas.

III. Algunos aspectos particulares del desarrollo de radares

La literatura sobre la historia del desarrollo de los radares presenta algunos hechos que han sido considerados como característicos de su desarrollo, que desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología es

interesante señalar. En primer lugar, que desde las iniciales investigaciones y trabajos de desarrollo participaron una gran diversidad de actores, tales como universidades, laboratorios de investigación públicos y privados (vinculados a empresas), siendo habituales las interacciones entre ellos al interior de proyectos específicos, en una época en que el desarrollo de tecnología militar solía estar reservado solo a laboratorios e investigadores vinculados a las fuerzas armadas. También fue característico de esa época el hecho de que una vez consolidados estos grupos se creaba un fuerte hermetismo en torno a sus trabajos (Brown, 1999; Kostenko *et al.*, 2001; Süsskind, 1994).

En segundo lugar, la tecnología del radar es claramente una tecnología que tiene carácter dual (es decir, tanto para usos civiles como militares), paradigmática por dos motivos: (i) El desarrollo inicial de los componentes de los radares se basó en ideas y tecnologías previamente existentes que estaban orientadas a usos diferentes a la detección de objetos a la distancia. Dentro de estas tecnologías se encontraban los tubos de rayos catódicos, las emisiones de ondas de radio de alta frecuencia (área de investigación que era impulsada por empresas para las incipientes industrias de la radio y, sobre todo, de la televisión), las válvulas multielectrodo (amplificadores de señales), las válvulas transmisoras (de ondas de radio) y el polietileno (Brown, 1999). Adicionalmente, (ii) el desarrollo de radares tuvo un impacto dual significativo, es decir, tanto en el ámbito castrense como en el civil. En el primer caso, por su rol fundamental en la guerra moderna. En el segundo, la utilización de radares para control de tránsito aéreo (derivado del dispositivo *Identification Friend or Foe*, iff, que permitió comenzar a distinguir del total de ecos recibidos por radares, cuáles correspondían a aviones amigos y cuáles a enemigos) permitió el desarrollo de la aviación moderna².

En tercer lugar, el desarrollo de radares ilustra la hipótesis schumpeteriana de los procesos de «destrucción creativa», evidenciados al constatar que la implementación de los radares dejó en el camino otras tecnologías –o líneas de investigación alternativas– orientadas a la detección temprana de aviones. Entre ellas encontramos los espejos acústicos (acoustic mirrors), rayos de la muerte (death rays) y luces de búsqueda (searchlights) (Tomlin, 1988; James, 1989; Brown, 1999).

Por otro lado, tal como ha señalado Süsskind (1994), se trata de un caso paradigmático de desarrollo tecnológico simultáneo, es decir, una invención contemporánea en diversos lugares, siendo común encontrar en la literatura científica de la época publicaciones sobre sus componentes y sobre dispositivos similares, aunque, el carácter secreto de las investigaciones fue intensificándose hacia mediados del siglo xx en diversos países y, como consecuencia de esto, la cantidad de publicaciones habría ido disminuyendo. En este sentido, otros autores como Swords (2008) y Brown (1999) dan la pauta de que el desarrollo simultáneo, durante la década de 1930, fue posible gracias a la preexistencia de una base generalizada de conocimiento de física e ingeniería, y por el desarrollo del radar fue una consecuencia –en definitiva casi obvia– de la aplicación del conocimiento disponible en ese momento.

En quinto y último lugar, cabe mencionarse que el desarrollo de los radares de microondas a fines de la década de 1930 en particular, no siguió la aproximación del modelo lineal de innovación, por el cual se supone que toda innovación se vincula con desarrollos científicos previos. De hecho, se basó en el conocimiento ingenieril, que permitió la invención de un dispositivo (el magnetrón de cavidades) del que no se había clarificado totalmente la teoría que regía su principio de funcionamiento al comenzar a utilizarse como componente de radares. Al respecto señala Kaiser (1994) que durante la década de 1930 y parte de la de 1940, las válvulas de emisión de microondas constituyeron una tecnología desarrollada por ingenieros que debieron recurrir en su trabajo principalmente a la prueba y error, más que a la aplicación de teorías basadas en la física que permitieran explicar la emisión de electrones desde válvulas. Esta dificultad para poder guiarse por teorías de la física se debía al hecho de que las explicaciones teóricas acerca de la emisión de electrones no lograban dar con modelos definitivos y, por tanto, aquellas cambiaban continuamente.

IV. Primeros desarrollos de radares en diversos países

IV.1. Alemania

Alemania fue un país pionero en la investigación de ondas de radio desde la comprobación de su existencia por Hertz. El caso particular del desarrollo de radares en este país antes –y durante buena parte– de la iigm, se caracterizó por la duplicación de esfuerzos de desarrollo en la marina (Kriegesmarine) y la fuerza aérea (Luftwaffe). En el marco del fuerte distanciamiento entre ambas armas, los desarrollos fueron inconexos, ocurriendo una importante duplicación de esfuerzos. Sumado a esto, la falta de apoyo a esta tecnología desde la cúpula del gobierno, por parte de Hitler y Goebels, sumado a la competencia interna y la participación de empresas privadas (Brown, 1999), permiten esbozar un estilo socio-técnico característico de los desarrollos de radares en este país.

En la década de 1930, Rudolf Kühnhold y Hans Erich Hollmann trabajaban en el desarrollo de radares. El primero lograría resultados positivos en 1934 y Hollmann, trabajando para la empresa gema. En este mismo año Hans-Karl R. von Willisen desarrolló un primer radar naval, logrando captar el pasaje de un barco a 4000 m de distancia utilizando ondas de 13,5 cm y, hacia octubre de ese año, investigadores de gema lograron detectar el paso de un avión. Pese a este temprano logro utilizando microondas, que valió el interés de la *Kriegesmarine*, en Alemania se abandonaría la investigación en ondas tan cortas en favor de las investigaciones en ondas más largas³ (Brown, 1999). Hacia 1937 ya se habían desarrollado los radares que serían el estándar de Alemania durante la iigm: el radar pulsado Freya y el radar naval Seetakt. Finalmente, en 1940 el radar Würzburg, de la empresa Telefunken, utilizado para dirección de tiro para artillería antiaérea, entraría en operación (Guarnieri, 2010; Brown, 1999).

Sin embargo, como afirma Beyerchen (1994), en la Alemania nazi la falta de apoyo gubernamental al desarrollo de radares se basó en una cuestión meramente perceptiva, puesto que al considerarse el radar como una tecnología principalmente defensiva, su desarrollo no tuvo un marco de apoyo en el contexto de los planes ofensivos con un fuerte sesgo triunfalista, trazados durante la década de 1930 y parte del desarrollo de la iigm. Esta visión hizo que, pese a la existencia de una considerable acumulación de capacidades en las trayectorias de diversas organizaciones (universidades, fuerzas armadas y empresas), el desarrollo de tecnología radar no haya sido prioritario para quienes detentaban el poder político hasta que Alemania debió pasar a una posición defensiva.

Siguiendo a Kümmritz (1994) y Kern (1994), se entiende en ese contexto que la falta de coordinación central en los desarrollos iniciales de radares, así como la competencia entre los diversos grupos que desarrollaban la tecnología, e incluso la oposición a la tecnología radar, por parte de los pilotos y de ciertos cuadros políticos, también fueron aspectos características del estilo socio-técnico del desarrollo del radar en Alemania.

Estos factores redundaron en un apoyo limitado al desarrollo de esta tecnología, sobre todo durante los años previos a la iigm y los primeros años del conflicto, pese a contar con desarrollos técnicamente superiores a los de Inglaterra o los ee.uu. Según Beyerchen, los equipos alemanes de esa época tenían «mejor resolución, mejor capacidades, [eran] más robustos y de gran versatilidad» respecto a los equipos ingleses (1994: 268). También el autor señala el hecho de que antes del inicio de la iigm en Alemania se habían estudiado las microondas de forma sistemática con anterioridad a que los ingleses lo hicieran, abandonándose posteriormente esa línea de investigación.

Tanto Beyerchen (1994) como Brown (1993) indican que, además de la falta de interés político señalada, la falta de integración entre los diversos proyectos en un marco de excesiva competencia entre los principales actores fue un rasgo distintivo del desarrollo de radares en Alemania⁴. Pero Beyerchen (1994) va más allá, al señalar que si bien los radares eran avanzados –en términos técnicos–, durante la iigm no se llegó a una implementación sistémica que implicara sistematización de la información que por medio de ellos se obtenía, tal como se verá que sí sucedió en el caso del Reino Unido. Esto implica que los radares constituyeron un nuevo artefacto tecnológico pero fueron utilizados manteniendo prácticas previas a su desarrollo: servían como puesto de observación proveyendo información de carácter local, que no se integraba en un único sistema o lugar, como en el caso del filter room (cuarto de filtrado) inglés. Por ello este autor indica que pese a haber logrado un artefacto técnicamente más avanzado que otros contemporáneos, la información provista por los radares alemanes no era utilizada de forma tal de optimizar los beneficios del despliegue de radares en territorio.

De esta manera puede afirmarse que la influencia de factores socio-políticos sobre el desarrollo del radar en Alemania en los años previos a

la iigm, llevó a la constitución de un estilo socio-técnico particular. Este dio como resultado artefactos que, si bien eran avanzados técnicamente respecto a los desarrollados en otros países en esa época, su importancia no fue comprendida ni por el poder político (sesgado por una orientación geoestratégica ofensiva y triunfalista) ni por actores relevantes (como los pilotos), que se opusieron a priori a la nueva tecnología. Este estilo socio-técnico, a su vez, influyó en que el beneficio efectivamente logrado gracias al uso práctico de la información obtenida del radar, fuera bastante menor al potencial que podría haber logrado.

IV.2. Estados Unidos

En este país el desarrollo de radares se realizó recurriendo a la colaboración entre las fuerzas armadas, empresas privadas, instituciones gubernamentales e instituciones científicas. Respecto al sector militar, hubo trabajos superpuestos entre el *Naval Research Laboratory* (nrl) y el *Signal Corps* (Cuerpo de señales) del ejército. El nrl tuvo un rol pionero, ya que desde mediados de la década de 1920 se realizaban en sus instalaciones las primeras experiencias para la detección de navíos, y hacia 1930 también de aviones. Además de los investigadores del nrl, habían notado la aplicación de ondas de radio para detectar objetos ingenieros de rca (*Radio Corporation of America*) y de *Bell Laboratories*. Pese a ello –y hasta una vez iniciada la iigm– los ingenieros del nrl trabajaron de manera bastante aislada respecto de colegas de otras instituciones (Brown, 1999).

En diciembre de 1934, Robert Page presenta un sistema de detección de aviones por medio de un radar de ondas pulsada, y pese a que esto significó un adelanto para el estado del arte en esa época, los estadounidenses no reconocieron la importancia potencial de dicha técnica para medir la distancia del objeto detectado, hecho que sí tomaron en cuenta los investigadores ingleses (Goebel, 2013). Sin embargo, gracias al dominio de esta técnica, en años posteriores el nrl adoptaría un rol fundamental en el desarrollo de radares navales.

Por otro lado, el *Signal Corps* también hacía sus avances: en 1935 desde el *Bureau of Standards* se solicita el desarrollo de aparatos de radio detección para aviones, pero la asignación de fondos es magra. Pese a ello, hacia diciembre de 1936 puede demostrarse un equipo que sería utilizado para control de tiro que, funcionando con ondas de 3 metros, fue capaz de determinar dirección y distancia. Este hito valió la asignación de mayores partidas y el inicio del trabajo mancomunado con ingenieros de *Westinghouse* y *Western Electric*. Hacia 1940 se logra unificar las tres antenas existentes (una emisora y dos receptoras: una para determinar el acimut y otra para la distancia) en una sola, a la vez que se aumenta la precisión tanto en determinación de distancia como de dirección (Brown, 1999).

Durante el año 1937, luego de una demostración del nrl, el entonces Air Corps (Cuerpo Aéreo del Ejército de ee.uu.) expresa interés en equipos de alerta temprana. Como resultados se desarrollaron equipos tanto móviles

como fijos y hacia 1940 *Westinghouse* había ya entregado unos 112 radares (Brown, 1999).

Pese a todos estos antecedentes, el desarrollo de radares en los ee.uu., antes del inicio de la iigm no fue una prioridad para el gobierno, de forma tal que una vez comenzada la contienda, los desarrollos realizados no estaban tan avanzados, desde una perspectiva técnica, como aquellos de los ingleses o los alemanes. Diversos autores han brindado explicaciones respecto de las causas a las cuales pudieron deberse este hecho. Beyerchen (1994) resalta la falta de un imperativo para la defensa, como en el caso del Reino Unido e, incluso, a diferencia de Alemania, la falta de una actitud armamentista durante la década de 1930. Por su parte Goebel (2013) indica que en los círculos de poder político no se habían comprendido cabalmente los beneficios que el uso de la tecnología radar podía tener y, consecuentemente, el apoyo estatal tendiente a impulsar su desarrollo fue limitado: el radar era percibido en ee.uu. como «una respuesta vaga a amenazas inciertas» (Allison, 1981, citado por Beyerchen, 1994: 277) y, por tanto, los trabajos vinculados a investigación y a desarrollo de radares no fueron financiados en forma significativa.

Sin embargo, con la entrada de ee.uu. a la iigm, el apoyo gubernamental concedido al desarrollo de tecnología radar se modificó. Así, a partir de que ee.uu. cambió su posición geoestratégica, pasando a ser un país beligerante, las capacidades acumuladas en las trayectorias de laboratorios militares, las universidades y las empresas que habían trabajado hasta ese momento en tecnología radar focalizaron en grandes centros de desarrollo tales como el nrl, el laboratorio del *Signal Corps*, Bell Laboratories y luego de la misión Tizard (véase más adelante) en el RadLab del *Massachusetts Institute of Technology* (mit). Con el tiempo, indica Brown (1999), los grupos de desarrollo estadounidenses, al no estar cercanos al conflicto bélico, como sí ocurría con los grupos del ru, pudieron desarrollar equipos con mejores prestaciones que sus colegas ingleses, sobre todo en lo que respecta a radares aerotransportados.

De esta manera se puede plantear la existencia de dos estilos socio-técnicos en el desarrollo de la tecnología radar. El primero, prevaleciente durante la década de 1930, estuvo signado por una posición geoestratégica que no vislumbraba la cercanía (al menos geográfica) del conflicto bélico que se iba gestando en Europa. Este posicionamiento geo-estratégico implicó la falta de sentido de urgencia en el desarrollo de la tecnología, de forma tal que dio lugar a la duplicación de esfuerzos inconexos, llevados a cabo por distintos tipos de organizaciones (universidades, laboratorios militares y empresas privadas). Los frutos de este estilo socio-técnico resultaron magros en términos técnicos, comparados con los de otros países. Sin embargo, una vez que la posición geo-estratégica de los ee.uu. cambió, como consecuencia de su ingreso en la contienda, se produjo un cambio en el estilo socio-técnico del desarrollo del radar, en el cual la comprensión del rol que podía tener el artefacto en la contienda generó un mayor apoyo gubernamental plasmado en el incremento de los recursos destinados a los esfuerzos en investigación y desarrollo. A su vez, estos comenzaron a ser mancomunados, lo cual permitió aprovechar

e intercambiar los conocimientos de los diversos actores involucrados. Este nuevo estilo-socio técnico generó una sustancial mejora en las prestaciones de los artefactos producidos⁵.

IV.3. Japón

Durante la década de 1930 en Japón también se llevaron a cabo investigaciones vinculadas a la tecnología radar. Hacia 1936 el profesor Okabe, de la Universidad de Osaka, diseñó y probó un dispositivo capaz de detectar el paso de un avión, con antenas emisora y receptora separadas. Al igual que en otros países, los primeros desarrollos se hicieron sobre emisión de ondas de radio continua, lo cual imposibilitaba medir la distancia al objeto y en el año 1940 comienza a trabajarse en radares pulsados. Respecto a su uso, los primeros radares para detección de aviones fueron desplegados en el año 1941, conformándose un sistema de aviso temprano de incursiones aéreas (similar al caso alemán) que, a diferencia de los implementados en otros países, combinaba equipos tanto de ondas pulsadas como continuas. En 1942 Japón produce los primeros radares de ondas centimétricas que recién estarían operativos hacia 1944 (Wilkinson, 1946; Guarnieri, 2010).

El desarrollo de tecnología radar en Japón se caracterizó por la asignación escasa de recursos y por la realización de desarrollos inconexos entre la marina y el ejército: la primera llevando adelante investigaciones en institutos propios, el segundo gracias a la colaboración de investigadores pertenecientes tanto a universidades como a empresas privadas (Brown, 1999).

Además, el desarrollo de radares japoneses de esa época pue de caracterizarse, en primer lugar, por el hecho de que los investigadores y tecnólogos involucrados en estas investigaciones no tuvieron –en términos generales– contacto entre sí, siendo común el trabajo individual, en vez de recurrir al establecimiento de grupos de investigación. Adicionalmente, los investigadores civiles que trabajaban en el desarrollo del radar no tenían permitido participar en las pruebas de campo efectuadas por los militares. Esta modalidad de trabajo impactó negativamente en la posibilidad de realizar ajustes en los equipos en la medida en que se iban desarrollando y probando, así como también en la posibilidad de introducir mejoras a los dispositivos según las necesidades que, gracias al criterio técnico, podrían haber detectado en pruebas *in situ* (Wilkinson, 1946).

Según este autor, los altos mandos de la armada y el ejército en los años previos a la guerra se prepararon para mantener una postura ofensiva. En ese contexto geo-estratégico, sobre todo durante los primeros años de la guerra, el desarrollo de tecnología radar (percibida como un dispositivo ligado a la defensa) recibió un apoyo gubernamental limitado. Sin embargo, cuando Japón debió pasar a una posición defensiva, y el alto mando comprendió la necesidad de impulsar las investigaciones en radares incrementando el apoyo económico, ya era tarde para lograr

ponerse a la altura de la tecnología que era utilizada por los Aliados (Brown, 1999).

El estilo socio-técnico del desarrollo de radares japoneses es similar al alemán, en el sentido de que la posición geo-estratégica ofensiva implicó un limitado apoyo gubernamental al desarrollo de una tecnología de carácter defensivo, llevándose a cabo trabajos inconexos en la marina y el ejército. Sin embargo, este estilo socio-técnico se diferencia del alemán en el hecho de que las investigaciones y desarrollos fueron llevados a cabo por investigadores civiles que trabajaron en forma aislada y sin participar en las pruebas de campo realizadas por los militares. Esto probablemente haya impactado negativamente, puesto que el *feedback* por el cual se proponían mejoras a los equipos se limitaba a indicaciones de los usuarios militares y, por ende, no incorporaba aquello que hubieran podido identificar los ingenieros. Consecuentemente, este estilo, si bien fue exitoso en el desarrollo del radar, implicó modalidades de uso ajustadas a antiguas prácticas y no implicaron una innovación en términos de la forma de utilización de la nueva tecnología ni de la información por ésta provista.

IV.4. Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

Las actividades de ciencia y tecnología orientadas a defensa que se realizaban al interior de la URSS se caracterizaron por la realización de esfuerzos similares de investigación y desarrollo en diversos laboratorios en forma simultánea, sin ser el radar una excepción (Kostenko *et al.*, 2001), dándose dos situaciones derivadas de este hecho: por un lado, que los diversos grupos de investigación tuvieran noticias del trabajo de los otros, pero también que hubiera una marcada competencia entre los diversos grupos (Brown, 1999).

En la URSS, el radar comenzó a ser desarrollado en forma paralela por dos unidades militares: el Departamento Principal de Artillería del Comisariado de Defensa del Pueblo (pda-pcd), donde se desarrollaban equipos para artillería antiaérea; y el Departamento de Defensa Aérea del Ejército Rojo (dad-ra). Ambas ramas de las fuerzas armadas encargaron los esfuerzos de investigación y desarrollo a distintas instituciones: el pda-pcd recurrió al Laboratorio Central de Radio, en Leningrado. Poco tiempo después asignó un proyecto de investigación paralelo al Instituto de Electrofísica de Leningrado (lepi) (Kostenko *et al.*, 2001). Por su parte el dad-ra tenía su propio programa de desarrollo de equipo de señales a cargo del Instituto de Investigaciones Científicas de Ingenieros en Comunicaciones (niis-ka), dependiente del Ejército Rojo (Brown, 1999). Llevándose a cabo los primeros desarrollos de radares para la detección de aviones en el Instituto Ucraniano de Física y Tecnología (uipt). Allí, Piotr Oschepkov realizó experimentos durante 1934, en los cuales fue posible detectar aviones (Chernyak e Immoreev, 2009).

Kostenko et al. señalan que los trabajos realizados por Oschepkov en el uipt significaron un hito en la historia de la ciencia y la tecnología en la URSS, por el nivel de complejidad de las ideas, así como por el alcance y tiempo de ejecución. Los autores también señalan que «los conceptos

básicos del diseño del radar y varias innovaciones técnicas estuvieron bastante adelantadas con las ideas de ingeniería (de ondas) de radio de la época» (Kostenko *et al.*, 2001: 29).

Por su parte, Brown (1999) señala que a pesar de que hubo un promisorio inicio en las investigaciones y pese a los primeros avances logrados durante la década de 1930, no existió un ritmo constante en el tiempo, en parte como consecuencia de la política interna del país y, por lo tanto, el desarrollo tecnológico de los radares soviéticos se habría ido rezagando respecto a los de otros países. De esta manera los resultados que se habían obtenido al inicio de la iigm implicaban que, comparativamente respecto los radares de otros países, los soviéticos tuvieran un desempeño un tanto más pobre. Esto generó que este país dependiera durante buena parte de la iigm de la ayuda que los ee.uu. y el Reino Unido brindaron en equipamiento (programa *lend-lease*). Posteriormente, los radares adquiridos bajo este programa fueron objeto de ingeniería inversa, llegando la urss a alcanzar el estado del arte y avanzar nuevamente con desarrollos propios.

El desarrollo de radares en la urss tuvo que enfrentar algunos grandes impedimentos de carácter «soviético», tal como los definen Kostenko *et al.* (2001: 38): la falta de interés del alto mando de las fuerzas armadas (Brown, 1999), el envío a Gulags, durante las purgas de 1937, de científicos e ingenieros de primer nivel tales como Piotr Oschepkov, que contaban con trayectoria en la materia, lo cual implicó una pérdida fundamental en términos de conocimientos y capacidades (Brown, 1999; Kostenko *et al.*, 2001) y, posteriormente, en julio de 1941, ante el avance de las tropas nazis, la mudanza del uipt desde Kharkov, Ucrania, hacia el este (Kostenko *et al.*, 2001).

De esta manera puede vislumbrarse un estilo socio-técnico, en el cual los avatares de la política interna sumados a la posición geoestratégica de la urss durante buena parte de la iigm, orientada a la defensa contra el avance alemán, implicó limitaciones en el desarrollo de la tecnología, llegando a generar la necesidad de importar material con mejores prestaciones. De esta forma, puede afirmarse que factores sociales influyeron como un limitador del desarrollo de la tecnología radar.

IV.5. Reino Unido

Durante el año 1934 P. A. Rowe, del Ministerio del Aire inglés, estudió las posibilidades de defensa aérea del Reino Unido, llegando a la conclusión de que –excepto en lo referente al desarrollo de aviones– nada se había hecho a fin de disminuir la amenaza que representaban los bombardeos aereos. Al comunicar sus conclusiones a su jefe, H. E. Wimperis, comenta que la falta de una planificación al respecto sería catastrófica. A raíz de este informe el Ministerio del Aire conformó en 1934 una comisión, el *Committee for Scientific Survey of Air Defence* (cssad), para la investigación de nuevas tecnologías y asesoramiento en medidas para la defensa aérea del Reino Unido (Brown, 1999; Goebel, 2013).

Uno de los primeros trabajos encargados por Wimperis fue un pedido de informe acerca de la factibilidad de desarrollar «rayos de la muerte» (*death rays*), de algún tipo no especificado, para eliminar aviones enemigos. Esta tarea fue encargada a R. Watson-Watt, quien junto con A. F. Wilkins calcularon cuánto podrían aumentar la temperatura de un piloto de avión si concentraban el haz de la más poderosa fuente de señales de radio disponible en una persona, y llegaron a la conclusión de que tal idea (posiblemente basada en el furor que en la época significaban los relatos de ciencia-ficción) era ridícula. Sin embargo, yendo un poco más allá de la pregunta inicial, plantearon en su informe la posibilidad de que si se irradiaba un avión con ondas de radio, sería posible detectarlo, no destruirlo, gracias a las ondas que reflejaría (Brown, 1999).

En junio de 1935, en el «experimento de Daventry», Watson-Watt y Wilkins demostraron la factibilidad técnica de su propuesta de detectar altitud, acimut⁶ y distancia. Si bien la aplicación de ondas de radio para detectar objetos era similar a la realizada en otros países, la medición de distancia era posible puesto que emitían ondas de radio pulsadas, en vez de continuas⁷ (Süsskind, 1994).

Luego del experimento de Daventry, se decide la creación de un laboratorio de investigaciones de radar en Orfordness. Hacia julio de 1935 los investigadores podían detectar el vuelo de aviones mar adentro y se trabajaba para utilizar ondas de radio más cortas logrando pasar a ondas de 13 m en lugar de las de 26 m, a fin de evitar interferencias con ondas de radio comerciales y lograr mayor precisión. La preocupación por utilizar ondas de radio más cortas se instalaba, pero pasaría un tiempo hasta que se pudieran utilizar microondas (ondas de menos de un metro de longitud), dado que aún no se contaba con la capacidad de lograr ondas de una alta frecuencia lo suficientemente potentes⁸.

En los años previos a la IIGM en el Reino Unido se apoyó masivamente el desarrollo de radares, como consecuencia de factores socio-políticos.

En este sentido, según Brown (1999), el Reino Unido y Alemania realizaron evaluaciones opuestas en cuanto al valor de la fuerza aérea. Esto tuvo como consecuencia que cada uno de estos países supondría que el otro basaría la elección de sus cursos de acción estratégica según sus propios supuestos. Por ello la estrategia defensiva del Reino Unido se basó en la necesidad de protegerse de los bombardeos estratégicos (eufemismo para referirse al ataque a blancos civiles), pese a que Alemania no los estuviera planeando antes del inicio de la guerra.

Por esto puede afirmarse que en el Reino Unido, el radar constituyó un artefacto fundamental para planear y efectivizar su defensa, en el contexto de la amenaza en que se iba constituyendo, durante la década de 1930, la Alemania nazi.

Efectivamente, gracias a los avances en tecnología radar, en 1937 se decide en el Reino Unido crear un sistema de defensa aéreo basado en el establecimiento de una «barrera» de radares. Más precisamente, consistía en una serie de estaciones de detección temprana de aeronaves y buques que se dirigían hacia el Reino Unido desde el Este. Este sistema llamado *Chain Home* (ch), que se hallaba en funcionamiento para la

primavera de 1939, posteriormente sería complementado con *Chain Home Low* (ch) para la detección de aviones volando a baja altura (Brown, 1999).

Varios autores han indicado que los radares desarrollados y desplegados por el Reino Unido en ch y chl no fueron particularmente mejores que los de otros países y, de hecho, técnicamente estaban por detrás de los alemanes al inicio de la iiwm. Sin embargo, tanto Goebel (2013) como Beyerchen (1994) señalan que lo que diferenció a los ingleses, en lo que al uso de radares se refiere durante la guerra, fue la utilización que dieron a los datos provistos por estos artefactos. En efecto, el hecho de que la información obtenida por las estaciones de radares de ch fuera comunicada a un Centro de Comando Central (llamado Cuarto de Filtrado) que coordinaba la lucha contra los escuadrones de aviones enemigos que ingresaban en su territorio implicó una innovación fundamental no vinculada a la tecnología radar en sí misma (Beyerchen, 1994; Goebel, 2013).

Al llegar la información desde las estaciones de radar al cuarto de filtrado, un oficial asignaba a cada formación un número. En el centro del cuarto de filtrado había una gran mesa con un mapa del Reino Unido y costa de los países europeos cercanos, en el que personas del staff iban representando los movimientos de los enemigos con piezas móviles. Un controlador observaba estos movimientos y, en base a ellos, asignaba escuadrones para que salieran a interceptar a los intrusos.

Gracias a esta forma de organizar su defensa, el Reino Unido pudo imponerse a Alemania en la llamada Batalla de Inglaterra⁹, pese a que la relación entre aviones ingleses y alemanes era, aproximadamente, de 1 a 3. La derrota sufrida por Alemania motivó a que la *Luftwaffecambiara* su estrategia y comenzara a atacar las ciudades inglesas por las noches. Esto, a su vez, generó nuevos problemas vinculados a la necesidad de lograr «visión» nocturna para los artilleros y pilotos de caza, lo cual generó la necesidad de desarrollar sistemas de radar que permitieran apuntar la artillería antiaérea en la oscuridad de la noche o en condiciones de nubosidad, así como también dirigir las luces de búsqueda que eran utilizadas para iluminar por la noche los aviones enemigos a fin de facilitar la tarea de los artilleros. Esta necesidad dio lugar a la creación de radares para control de tiro (*Gun-Laying or gl*), y a que comenzara a buscarse la forma de dotar a los aviones de caza de radares (*Airborne Interception*, o AI) para poder ubicar a los aviones enemigos en condiciones adversas de visibilidad¹⁰.

El estilo socio-técnico del desarrollo del radar en el Reino Unido se basó en la posición geo-estratégica de orientación defensiva adoptada por el país durante la década de 1930. Así, la necesidad imperiosa de desarrollar la capacidad de anticipar ataques aéreos alemanes a fin de poder interceptarlos generó que el gobierno inglés impulsara fuertemente el desarrollo de tecnología radar y erigiera un sistema de alerta temprana basada en una red de antenas radar. A esto se sumó el desarrollo de una metodología particular para tomar decisiones en base a la información obtenida, para lo cual fue necesario centralizar dicha información y

establecer un método de tratamiento y toma de decisiones asociado. Esta innovación, complementaria al desarrollo del radar en tanto tecnología, es una característica particular del estilo socio-técnico del desarrollo del radar en este país. De esta manera, tal como indica Beyerchen (1994), los ingleses pueden atribuirse la autoría de una innovación clave, en términos de cómo operacionalizaron la información provista por la nueva tecnología radar. Esta innovación, más allá de las capacidades técnicas de los artefactos, fue la causa de la obtención de una amplia ventaja táctica, gracias a la forma de utilización de la información, respecto a otros países.

V. Radares de microondas

Durante la década de 1930 investigadores de distintos países buscaron diseñar y producir válvulas capaces de generar ondas centimétricas, es decir de alta frecuencia (Kaiser, 1994; Brown, 1999; Kostenko *et al.*, 2001). La importancia de lograr el desarrollo de este tipo de válvulas se basaba en el hecho de que las mismas permitirían cubrir distancias mayores, detectar objetos de menor tamaño y posibilitarían la instalación de radares de dimensiones reducidas en aviones. De lograrse este desarrollo se facilitaría la interceptación de naves enemigas, particularmente durante la noche o en condiciones meteorológicas adversas.

En esta búsqueda de la tecnología que permitiera producir microondas dos dispositivos fueron desarrollados: el *Klystron* y el Magnetrón de Cavidades. El *Klystron* es una válvula de vacío de electrones que, modulando la velocidad de los haces de electrones, permite tanto la emisión de microondas a una frecuencia estable, como también la amplificación de éstas. Fue desarrollado por los hermanos Sigurd y Russell Varian en el Departamento de Física de la Universidad de Stanford, ee.uu. El valor de este dispositivo, en cuanto a su aplicación en radares, se basaba en la posibilidad de rectificar y amplificar las señales reflejadas por objetos, además de la capacidad de emitir microondas, aunque en este último caso la dificultad con la que se enfrentaban una y otra vez los investigadores se refería a la incapacidad para aumentar la potencia (Kaiser, 1994; Brown, 1999). Pese a la dificultad proveniente de la limitación en la potencia, los esfuerzos de diversos grupos de investigación tanto de los ee.uu. como en el Reino Unido se focalizaron en el desarrollo del *Klystron* para su utilización en radares.

El desarrollo de la tecnología de microondas aplicadas al radar tuvo un impulso fundamental cuando en 1939 en Gran Bretaña, el almirantazgo a través del *Department of Scientific Research and Experiment* (dsre) firmó un contrato con el Departamento de Física de la Universidad de Birmingham. Este contrato fue confiado a M. Oliphant, quien orientó su investigación hacia la posibilidad de mejorar el desempeño del *Klystron*. Hacia fines de ese año, J. Randall y H. Boot, que trabajaban en el grupo de Oliphant orientados al desarrollo de detectores de microondas, necesitaban producir un generador de microondas a fin de probar sus detectores (Goebel, 2013). Durante febrero de 1940 desarrollaron un

dispositivo al que llamaron «Magnetrón de Cavidades», logrando emitir ondas de una frecuencia y amplitud estable, de un largo de banda de 9,8 cm y 400W de potencia¹¹.

El desarrollo del magnetrón de cavidades marcó un hito de fundamental importancia en la tecnología de emisión de ondas de radio al permitir producir microondas a partir de un dispositivo pequeño. Sin embargo, cabe mencionar el hecho de que sus componentes existían ya 20 años antes y, por esto, en palabras de Brown, «no resulta realmente sorprendente saber que ya había sido inventando (...) anteriormente» (Brown, 1999: 156), refiriéndose el autor a su desarrollo en la urss, Suiza y los ee.uu. en 1936 y Japón en 1937¹² (Brown, 1999; Goebel, 2013).53

VI. Misión Tizard

Hacia 1940, Alemania había avanzado en su invasión sobre varios países de Europa y la posición del Reino Unido comenzaba a ser delicada. Sin embargo, luego de la Batalla de Inglaterra, en la que la *Royal Air Force* (raf) demostró la superioridad diurna sobre la *Luftwaffe*, en parte gracias al uso de la información brindada por los radares, Alemania optó por realizar incursiones de bombardeo nocturnos sobre Inglaterra.

Brown (1999) menciona que la necesidad de desarrollar radares centimétricos para dotar a los aviones de caza y a las piezas de artillería antiaérea era una cuestión imperiosa para el Reino Unido. Sin embargo, no se contaba con tiempo, ni recursos (tales como ingenieros o capacidad instalada ociosa) para orientar hacia el desarrollo y fabricación de este tipo de radares. Por el esfuerzo que suponía el conflicto bélico, este país necesitaba la capacidad de investigación y fabricación extranjeras. Por lazos existentes, Churchill decide abrir el juego con ee.uu. y compartir con los científicos y tecnólogos norteamericanos los más avanzados secretos tecnológicos que sirvieran para enfrentar a Alemania, a fin de acelerar sus desarrollos y manufactura en suelo estadounidense y posibilitar así su despliegue en el campo de batalla.

Con este objetivo de compartir tecnologías, se conforma la *British Technical and Scientific Mission* a cargo de H. Tizard (y por tanto conocida como la Misión Tizard), que contaba con especialistas de diversas áreas. La misión arribó a ee.uu. a fines de 1940 reuniéndose con el Dr. Vannevar Bush, quien presidía el *National Defense Research Committee* (ndrc). El objetivo del ndrc era la coordinación del desarrollo tecnológico entre científicos civiles y oficiales militares así como la investigación técnica (Brown, 1999).

Entre los ee.uu. y el Reino Unido no había grandes diferencias en lo referido a los avances en tecnología radar de onda larga al momento de la llegada de la misión Tizard. Entre los avances tecnológicos que llevaban los miembros de la misión se contaba un magnetrón de cavidades. Cabe mencionarse que dispositivos similares a éste ya se habían desarrollado en diversos países, incluso en los ee.uu., y habían pasado inadvertidos para

los investigadores estadounidenses de radares y, por ello, allí no se había desarrollado tecnología de radares de microondas.

El 19 de septiembre de 1940 los británicos demuestran el magnetrón de cavidades a sus contrapartes estadounidenses. Posteriormente Vannevar Bush sugirió que se dedicaran recursos para la constitución de un laboratorio a fin de realizar investigaciones sobre el magnetrón de cavidades para su aplicación en radares. Con este fin se crea, a mediados de noviembre de 1940, en el *Massachusetts Institute of Technology* (mit), el *Radiation Laboratory*, conocido también como RadLab. Como consecuencia de la creación del RadLab, el trabajo en lo que a radares respecta se desdobló, dedicándose este laboratorio al desarrollo de radares de microondas, en tanto que en el nrl, preexistente al RadLab, se continuó trabajando en radares de onda larga, división del trabajo que no estuvo exenta de competencia entre ambas instituciones. Asimismo, luego de la Misión Tizard, además de la transferencia de tecnología en sí se estrecharon vínculos de colaboración entre ee.uu. y el Reino Unido (posteriormente también con Canadá y otros países del *Common Wealth* como Sudáfrica y Australia¹³) que permitieron un rápido avance en la investigación y desarrollo de radares (Brown, 1999).

VII. Conclusiones

En este artículo se han presentado, de manera sucinta, diversos casos sobre las primeras investigaciones y desarrollos de radares en diferentes países considerados centrales por su rol en la iigm: Alemania, los ee.uu., Japón, la urss y el Reino Unido, y se mostró cómo el desarrollo y utilización inicial de la tecnología radar estuvo sujeta a (y fue constitutiva de) diversos estilos socio-técnicos. Los mismos estuvieron influidos por la posición geo-estratégica adoptada por cada país durante la década de 1930, lo cual significó diversos grados de apoyo gubernamental, de ciertos grupos sociales y diversas formas de utilizar la nueva tecnología. Es por esto que pese al hecho de que se ha indicado que el radar representa una «invención simultánea», el concepto de estilo socio-técnico permite comprender que la tecnología, siempre desarrollada y utilizada en contextos sociales diversos, es dotada de diferentes valoraciones que necesariamente son constitutivas de dicha tecnología, junto con los aspectos técnicos. En otras palabras: la simultaneidad de la invención no dio lugar a un similar aprovechamiento de la tecnología (más allá de los diferentes desempeños que los distintos artefactos tuvieron).

Se ha mostrado que en países como Alemania o Japón el estilo socio-técnico del desarrollo de radares antes del inicio de la iigm estuvo influido por los planes triunfalistas, implicando esto un limitado apoyo al desarrollo de una tecnología percibida como de carácter defensivo, y la competencia en su desarrollo entre las fuerzas armadas (armada y ejército). Adicionalmente, en el caso de Alemania, dicho estilo socio-técnico dio lugar a la fabricación de artefactos técnicamente avanzados. Sin embargo, la falta de apoyo político y de grupos sociales significativos (como los pilotos de aviones de caza) y la forma de uso implementada

(sujeta a prácticas antiguas) dieron lugar a que artefactos técnicamente mejores no generaron una innovación sustancial en su uso.

En forma similar en aquellos países que, durante la década de los treinta, no se vislumbraban como activos participantes de la contienda, como los ee.uu. o la urss, el desarrollo inicial de radares no fue priorizado, aunque revirtieron esta posición durante la contienda, en el primer caso en parte gracias al desarrollo de tecnología radar luego de la Misión Tizard y, en el segundo, luego de terminada la guerra gracias a haber podido realizar ingeniería inversa en equipos importados y de mejores prestaciones que los propios. En estos dos casos, posiblemente como consecuencia de la falta de interés gubernamental, durante la década de 1930 no hubo una concentración de esfuerzos, sino que, por el contrario, existió redundancia en los esfuerzos de investigación y desarrollo, así como competencia entre grupos de investigación al interior de cada país.

El caso del Reino Unido fue sustancialmente distinto. La perspectiva geo-estratégica de carácter defensivo mantenida durante la década de 1930 fue crucial en lo que respecta a la constitución de sistemas de alerta temprana y defensa. Puesto que la hipótesis británica durante esa época era que en caso de un nuevo conflicto bélico Alemania realizaría bombardeos estratégicos a su territorio, la respuesta llevó a un fuerte impulso a generar la capacidad de alerta temprana de incursiones aéreas. Y es en este contexto que el gobierno apoyó tempranamente los esfuerzos de investigación y desarrollo de tecnología radar, así como también financió el despliegue de la nueva tecnología con ch y chl. Asimismo, esta posición llevó a que todos estos esfuerzos fueran mancomunados y coordinados centralmente, hecho que se refleja en la constitución de un comité *ad hoc*.

Pero, además de estas características diferenciales, el estilo socio-técnico se complementó con una forma peculiar de procesar los datos e instrumentar decisiones tácticas en base a la información obtenida gracias a la nueva tecnología. De esta forma, pese a que el desarrollo de la tecnología radar en el Reino Unido en esa época no había llevado a construir artefactos que tuvieran mejor desempeño técnico que los de otros países, la forma en que se utilizó la nueva tecnología permitió lograr resultados notablemente superiores a los obtenidos en otros países.

Esto permite graficar el hecho de que la innovación tecnológica en un artefacto per se no implica garantizar mejores resultados gracias a su utilización, sino que también es relevante el modo de uso como componente del estilo socio-técnico en el cual una tecnología se desarrolla, utiliza y, en definitiva, se dota de significado. De esta manera, si bien se ha indicado que el radar es

un caso de invención simultánea en diversos países, no puede afirmarse la simultaneidad respecto a la innovación provocada por su uso. Vale decir: la innovación en el uso no fue un resultado obvio producido automáticamente por la adopción de la nueva tecnología radar.

Por último cabe resaltarse el hecho de que los diversos grados de apoyo que el desarrollo de esta tecnología recibió por parte de los distintos Estados, fue un catalizador de la acumulación de capacidades y conocimientos en torno a la misma. Es decir, el grado de apoyo

gubernamental, si bien necesariamente no implicó el desarrollo de mejores tecnologías, sí impactó tanto en la fijación de objetivos concretos para estas, así como diversos grados de ajuste de la tecnología a los fines para los cuales estaba siendo desarrollada. Desde allí puede comprenderse que, lejos de los determinismos tecnológicos, el avance de la tecnología radar fue modelado en cada una de las sociedades en las que se iba desarrollando, según diversos estilos socio-técnicos desde los que se obtuvieron resultados disímiles a partir de los cuales fueron tomándose otras decisiones consecuentes.

Referencias

- Austin, B. A. (1992). Radar in World War II. The South African Contribution. *Engineering Science and Education Journal*, 1(3), 121- 130.
- Beyerchen, A. (1994). On strategic goals as perceptual filters: interwar responses to the potential of radar in Germany, the UK and the US. En: O. Blumtritt, H. Petzold y W. Aspray (eds.). *Tracking the radar history*. Piscataway, New Jersey: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum.
- Bijker, W. E. (2006). Why and How Technology matters? En: Goodin, R. y Tilly, C. (eds.). Oxford Handbook of Contextual Political Analysis. s.l.: Oxford University Press, pp. 681-702.
- Bijker, W. E. (2013 [1987]). La construcción social de la baquelita: hacia una teoría de la invención. En: Thomas, H. y Buch, A. (Coords.). Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología (pp. 63-100). Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Bijker, W. y Pinch, T. (2013 [1987]). La construcción social de hechos y artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente. En: Thomas, H. y Buch, A. (Coords.). Actos, actores y artefactos. Sociología de la Tecnología (pp. 19-62). Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Brown, L. (1999). A radar history of World War II - Technical and military imperatives. Bristol: Institute of Physics Publishing.
- Chernyak, V. S. e Immoreev, I. Y. (2009). A brief history of radar in the Soviet Union and Russia. *IEEE AyE Systems Magazine*. Volume Sept 2009 INSERT, pp. B1-B31.
- Goebel, G., (2013). The Wizard War: WW2 y The Origins Of Radar. [Online] Recuperado de: <http://vc.airvectors.net/ttwiz.html> [11 de Octubre de 2018].
- Guarnieri, M. (2010). The early history of radar. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, Sep 2010, 36-38, 42.
- James, R.J. (1989). A history of radar. *IEE Review*, Volume Oct-1989, 343 - 349.
- Kaiser, W. (1994). The development of electron tubes and of radar technology: the relationship of science and technology. En: O. Blumtritt, H. Petzold y W. Aspray (eds.). *Tracking the History of Radar*. Piscataway, New Jersey: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum.
- Kern, U. (1994). Review Concerning the History of German Radar Technology up to 1945. En: O. Blumtritt, H. Petzold y W. Aspray (eds.). *Tracking the*

- History or Radar.* Piscataway: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum, pp. 171-183.
- Kostenko, A., Nosich, A. I. y Tishchenko, I. A. (2001). Development of the first Soviet three-coordinate L-band pulsed radar in Kharkov before WWII. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 43(3), 29-48.
- Kümmritz, H. (1994). On the development of radar technologies in Germany up to 1945. En: O. Blumtritt, H. Petzold y W. Aspray (eds.). *Tracking the History of Radar.* Piscataway: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum, pp. 25-46.
- Quiroga, J. M. y Aguiar, D. (2016). Abriendo la «caja negra» del radar. Las políticas de radarización para uso civil y de defensa en Argentina entre 1948 y 2004. *H-Industri@*, 10(19), 71-100.
- Sinnott, D. H. (2005). Defense Radar Development in Australia: 1939 to the Present. *IEEE AyE Systems Magazine*, pp. 27-31.
- Süsskind, C. (1994). Radar as case study in simultaneous invention. En: O. Blumtritt, H. Petzold y W. Aspray (eds.). *Tracking the History of Radar.* Piscataway, New Jersey: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum.
- Swords, S. S. (2008). Technical history of the beginnings of radar (History of technology series no. 6). Londres: Institution of Engineering and Technology.
- Thumm, M. (2001). *Historical German contributions to physics and applications of electromagnetic oscillations and waves.* Nizhny Novgorod, Russia, Proc. Int. Conf. on Progress in Nonlinear Science, pp. 623- 643.
- Tomlin, D. H., (1988). *From searchlights to radar: the history of anti-aircraft and coastal defense development (1917-1953).* s.l., s.n.
- Wilkinson, R. I. (1946). Short survey on Japanese radar. *Electrical Engineering*, Volume Aug-Sept 1946, pp. 370-377.

Notas

- 1 Cabe mencionarse que el presente artículo constituye una profundización del estudio de la historia del radar en el mundo realizado por Quiroga y Aguiar (2016), en el cual se hace una revisión preliminar del tema a modo de antecedentes para luego centrarse en la historia de la radarización en Argentina.
- 2 Podríamos asimismo agregar un tercer tipo de uso, que es aquel de carácter científico, dado que el radar también es utilizado en meteorología, prospección minera y radioastronomía.
- 3 La utilización de ondas de radio más cortas implica la posibilidad de obtener ecos de objetos más pequeños y cubrir mayores distancias. Sin embargo, para lograr ondas más cortas es necesario desarrollar la capacidad de emitir ondas de mayor frecuencia. Esto, a su vez, constituyó un considerable reto en el desarrollo de la tecnología radar de microondas. Ver Brown (1999).
- 4 De hecho, la Kriegesmarinerecién dio a conocer sus primeros radares, tanto para la detección de buques como de aviones, a la Luftwaffe en 1938, pero según Brown (1999) desde aquella se hicieron todos los esfuerzos posibles para que esta no tuviera acceso a los desarrollos que se hicieron en el seno de GEMA gracias a su financiamiento. Fue por esto que la Luftwafferecurrió a los servicios de la empresa Lorenz, con experiencia en sistemas de navegación por ondas de radio.

- 5 Cabe mencionarse el hecho de que EE.UU. tuvo la ventaja de no haber sufrido el horror de la guerra en su territorio continental, con lo cual los trabajos en investigación y desarrollo de tecnología radar no se vieron afectados por la evolución de la contienda.
- 6 La Real Academia Española lo define como el «ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo».
- 7 Este hecho se basó en una técnica que había sido desarrollada previamente por Watson-Watt a fin de estimar la distancia de tormentas. La mitad del tiempo del retardo entre la emisión del pulso y la recepción del rebote del pulso, multiplicado por la velocidad de la luz (300.000 Km por segundo) da la distancia al objetivo. Si bien el tiempo es muy corto, podía ser medido con un osciloscopio. Para más detalles puede consultarse Brown (1999) y Goebel (2013).
- 8 El logro de microondas con suficiente potencia para que su reflejo fuera lo bastante potente como para ser detectable, era para la época un concepto en contra de toda intuición. Esto era así puesto que si se querían lograr ondas más cortas, es decir, de mayor frecuencia, la válvula que las produjera debería ser más pequeña y, por lo tanto, la potencia lograda sería consecuentemente menor. Con lo cual un emisor de ondas ultracortas de alta potencia era una contradicción en sí mismo (Süsskind, 1994).
- 9 La batalla de Inglaterra fue el conjunto de combates aéreos librados sobre el Reino Unido y el canal de la mancha entre julio y octubre de 1940, como parte de la ofensiva Alemana contra la Royal Air Force, a fin de obtener la supremacía aérea que permitiría la invasión de Gran Bretaña. Para más detalle del rol del radar en el resultado de esta batalla puede consultarse Brown (1999) y Goebel (2013).
- 10 El principal desafío que esto imponía era lograr equipos radar de pequeño tamaño, que fueran transportables en un avión, que requirieran poca potencia y, a su vez, que pudieran detectar blancos relativamente pequeños.
- 11 Es decir, ondas lo suficientemente cortas para constituir microondas, pero con la potencia suficiente para poder analizar la onda que rebotara en un objeto.
- 12 Arthur Samuel, de Bell Telephone Laboratories (quien pese a haber obtenido una patente en 1936 en EE.UU. nunca realizó publicaciones sobre su dispositivo por no lograr suficiente potencia), ha sido señalado por los japoneses como el inventor del magnetrón de cavidades. También en 1936 F. Lüdi de la empresa suiza Brown, Bovary & Cie, experimentó con un magnetrón para generar ondas centimétricas, publicando sus desarrollos entre 1937 y 1942. Este dispositivo nunca fue utilizado para el desarrollo de radares en Suiza. En 1936 y 1937, Alekseev y Malairov produjeron una serie de magnetrones de cavidades para ser utilizados en artillería antiaérea, en el Instituto de Investigación Científica 9 (NII-9) en la URSS. En 1940, mientras el magnetrón de cavidades era uno de los máximos secretos tecnológicos de Gran Bretaña, se publica este desarrollo en la literatura científica de URSS, según Brown, donde la posición tomada por el Prof. Joffe de no utilizar microondas para los radares impidió que se considerara el impacto que dicha tecnología podría tener en el desarrollo de radares. Hacia 1937, Tsunero Ito y Kanjiro Takahashi, en Japón, produjeron una válvula similar al magnetrón de cavidades que producía ondas centimétricas y hacia 1939 lograban 500W en forma continua. Véase Brown (1999).
- 13 Existen trabajos sobre los desarrollos de radares en países periféricos durante la IIGM, tales como los de Austin (1992) para el caso de Sudáfrica, donde se desarrolló un radar para defensa costera con apoyo del Reino Unido y el de Sinnott (2005) sobre el desarrollo de tecnología radar en Australia.

Notas de autor

Este artículo forma parte de una investigación preliminar para la Tesis de Maestría en Ciencia, Tecnología e Innovación del autor, que analiza el desarrollo de radares primarios y secundarios en Argentina entre 2003 y 2015. Dicha tesis se llevó a cabo gracias a los proyectos de investigación UNRN 40-B-377 y 40-B-152, al PICTO-2010-0206 y al PICT 2015-3739 de la ANPCyT. Asimismo, se desea agradecer al Prof. Manuel Lugones, colega investigador del CITECDE-UNRN, por los valiosos comentarios y acertadas sugerencias realizados sobre un borrador de este artículo.