



**Maestría en Ciencia, Tecnología e Innovación**

**Universidad Nacional de Río Negro**

**Sede Andina, San Carlos de Bariloche**

Tesis Final

Desarrollo de radares secundarios y primarios en la Argentina (2003-2015). Un análisis desde el enfoque de coaliciones de causa y las capacidades organizacionales.

Maestrando: Lic. Juan Martín Quiroga

Director: Dr. Diego Aguiar

San Carlos de Bariloche, 18 de Agosto de 2017



*Que no quepa la menor duda que estamos haciendo el  
mejor radar del mundo: porque lo hacemos a medida  
nuestra y porque lo hacemos nosotros.*

Brigadier (R) Guillermo Saravia



# Agradecimientos

Esta tesis fue posible gracias al apoyo recibido de parte de una gran cantidad de personas, y por ello quiero mencionarlas explícitamente.

En primer lugar a Celina, mi esposa, quien a lo largo de los años de preparación de esta tesis acompañó (soportó) los tiempos de investigación y redacción, los cuales incluyeron momentos de grato entusiasmo, pero también de ansiedad y frustración. Ella fue el principal apoyo e inspiración para no bajar los brazos. También a nuestras hijas Trinidad, Pilar, Felicitas y Teresita, por su paciencia.

También un agradecimiento grande a Mili y Juanjo, mis padres, a Andrés, Francisco, Inés, Mario y Paula, mis hermanos con quienes siempre puedo contar.

El trabajo en la tesis no hubiera sido posible sin la dirección de Diego Aguiar, con quien en el marco del Centro de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo (CITECDE) me fui embarcando en proyectos de investigación y transferencia de tecnología y, ha sido un compañero y guía en mis inicios en la vida académica. Un agradecimiento especial a Ana Capuano y a Manuel Lugones, quienes me impulsaron a no abandonar lo realizado en un momento de crisis. Ambos tuvieron la paciencia de leer y comentar los capítulos en la medida que iban tomando forma. Quiero también agradecer a Juan Carlos del Bello, rector de la UNRN, quien dedicó tiempo a leer un borrador y hacer valiosos comentarios.

Esta tesis no hubiera sido posible sin el tiempo que me dedicó cada una de las fuentes de Fuerza Aérea Argentina, INVAP y el Ministerio de Defensa durante las entrevistas realizadas. Por haber acordado mantener en el anonimato su identidad no los nombro, pero debo mi agradecimiento a cada uno de ellos. En este sentido, también debo un agradecimiento especial a mi amigo Mariano Romero, quien me hizo un contacto clave en INVAP que posibilitó el acceso a una parte importante de las fuentes.

También un agradecimiento a todos los integrantes del CITECDE, en particular a Andrés, Alfredo, Ángeles, Francisco, Laura, Liliana, Mariano, Nicolás y Sandra, por las largas charlas y sus ánimos, sobre todo, durante los últimos meses. También vaya un agradecimiento

a los compañeros de la maestría, con quienes nos embarcamos en esto de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación, en especial a Daniel y Noelia.

Además de todas las personas nombradas, hubo mucha gente que tuvo un interés genuino en que terminara esta tesis, tanto de la UNRN, como de otras instituciones de CTI, así como también investigadores y colegas de otras universidades, con las que he estado en contacto durante estos años. A cada uno de ellos vaya también mi agradecimiento.

Finalmente quiero realizar agradecimientos institucionales: a la Universidad Nacional de Río Negro por concederme una Beca de ayuda económica para cursar la Maestría en Ciencia, Tecnología e Innovación. También al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, por el apoyo brindado gracias a la adjudicación de la ayuda económica para la Finalización de Tesis de Maestrías en Ciencia, Tecnología e Innovación en el marco del Programa de formación de recursos humanos en política y gestión de la ciencia, tecnología e innovación.

Esta tesis fue posible gracias a los Proyectos de Investigación UNRN 40-B-377 y 40-B-152, y a los PICTO-2010-0206 y PICT 2015-3739 de la ANPCyT.

# Resumen

Esta tesis analiza el caso del desarrollo de radares secundarios y primarios en Argentina a partir del año 2003, explicando las circunstancias por las cuales se decidió optar por el desarrollo nacional de esta tecnología y dejar de lado más de cincuenta años de dependencia tecnológica referida al control del tráfico aéreo y la vigilancia y control del espacio aéreo.

El caso del desarrollo de radares en Argentina es analizado desde de la noción de co-creación entre tecnología y sociedad propio del constructivismo social de la tecnología (COST). Adicionalmente, a fin de dar mayor profundidad al análisis, se ha optado por recurrir a una triangulación teórica entre la noción de capacidades dinámicas, punto de encuentro de la literatura de la economía evolucionista con la de la administración, y el enfoque de coaliciones de causa, propio del análisis de las políticas públicas. En la tesis se analiza cómo la acumulación de capacidades del cuerpo de radaristas de la Fuerza Aérea Argentina facilitó una modificación en sus creencias centrales profundas, que permitieron, a su vez, un cambio sustancial en la política de radarización a partir del año 2004, que incluyó en su alcance el desarrollo de tecnología radar en Argentina. También se analiza cómo gracias a las capacidades acumuladas en la trayectoria socio-técnica de INVAP, y otras que se desarrollaron vinculadas al radar fue posible generar esta tecnología en Argentina.

Se espera que el caso analizado sea de utilidad a diversos actores. A los *policy makers*, en tanto la comprensión de que el conocimiento que respecto a una política pública va acumulándose a lo largo del tiempo se torna un insumo fundamental para mejorar la misma, gracias a procesos de retroalimentación y reformulación. También se espera que esta tesis ayude a tomar conciencia respecto a la necesidad de mejorar los mecanismos por los cuales el propio Estado conoce las capacidades que residen al interior de su territorio, en pos de generar políticas que procuren la sustitución de importaciones en los casos en los que esto sea posible. Por último, se espera que sea de utilidad para los directivos de empresas de base tecnológica, a fin de mostrar la necesidad de identificar, analizar y gestionar sus capacidades dinámicas, comprendiendo que en ellas reside la capacidad de innovación.



# Índice General

Índice de Esquemas, Ilustraciones, Mapas y Tablas .....	v
Capítulo 1 Introducción.....	1
1.1 Presentación del caso .....	1
1.2 Problema de investigación y objetivos.....	3
1.3 Justificación del objeto de estudio.....	7
1.4 Metodología de la investigación.....	9
1.5 Estructura del texto.....	10
Capítulo 2 Estado de la cuestión.....	13
2.1 Introducción .....	13
2.2 Estudios sobre la historia del radar en el mundo .....	14
2.2.1 El Rol de los filtros perceptuales en el desarrollo de radares en los años previos y durante la IIGM.....	16
2.2.2 Estudios sobre el desarrollo del Radar durante la IIGM en países en particular .....	18
2.3 Estudios sobre el Radar en Argentina .....	19
2.4 Estudios sobre desarrollos intensivos en conocimiento en contextos periféricos .....	20
2.4.1 Estudios de caso en Argentina .....	22
2.4.2 Estudios sobre INVAP .....	22
2.5 Análisis de políticas de CyT en América Latina .....	28
2.6 Conclusiones del capítulo .....	31
Capítulo 3 Marco Teórico-Metodológico .....	35
3.1 Constructivismo Social de la Tecnología .....	37
3.2 El enfoque de coaliciones de causa para el análisis de Políticas Públicas .....	39

3.2.1	Las coaliciones de causa .....	41
3.2.2	Aprendizaje y políticas públicas .....	41
3.3	La visión evolucionista de las firmas y las capacidades dinámicas .....	44
3.4	El uso del marco teórico en el análisis del caso .....	47
Capítulo 4	Perspectiva histórica del desarrollo de radares.....	49
4.1	Introducción .....	49
4.2	Los orígenes del radar .....	52
4.2.1	Electricidad, magnetismo y ondas de radio .....	52
4.2.2	Antecedentes y primeros desarrollos de radares.....	53
4.2.3	Otros desarrollos tecnológicos que facilitaron la invención del radar .....	54
4.3	Primeros desarrollos de radares en diversos países.....	55
4.3.1	Alemania .....	55
4.3.2	Estados Unidos .....	57
4.3.3	Japón.....	59
4.3.4	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas .....	60
4.3.5	El Reino Unido .....	62
4.4	Conclusiones del capítulo: Conformación social de la tecnología.....	71
Capítulo 5	Historia de la radarización en Argentina .....	75
5.1	Introducción. Contexto histórico .....	75
5.2	Raytheon SCR 588 B, primeros radares en operar en Argentina y Sudamérica .....	77
5.3	Recambios y nuevos radares.....	82
5.4	SICEA: Primer Proyecto de Radarización Integral.....	86
5.5	El Plan Nacional de Radarización de 1996.....	87
5.6	Conclusiones del capítulo: políticas de radarización y dependencia tecnológica.....	90

Capítulo 6	Historia y trayectoria socio-técnica de INVAP .....	93
6.1	Reseña histórica de INVAP .....	94
6.2	Primeros desarrollos de radares en INVAP: el radar de apertura sintética del satélite SAO-COM.....	101
6.3	Capacidades dinámicas como base para el desarrollo de radares.....	104
6.4	Conclusiones del capítulo .....	109
Capítulo 7	Desarrollo nacional de radares .....	113
7.1	Situación de la radarización en Argentina y de INVAP al inicio de la década de 2000.....	114
7.2	Primeros contactos entre INVAP y FAA .....	117
7.3	Un nuevo plan de radarización .....	122
7.3.1	La política de radarización en el marco de las políticas tecnológicas en Argentina a partir del año 2003.....	125
7.4	El radar Secundario Monopulso Argentino .....	128
7.4.1	Antecedentes y avances.....	128
7.4.2	Caracterización y componentes del RSMA .....	133
7.5	El Radar Primario Argentino .....	135
7.5.1	Primeros trabajos y MET 1 .....	139
7.5.2	MET 2.....	140
7.5.3	MET 3.....	141
7.5.4	MET 4.....	143
7.5.5	MET 5.....	143
7.5.6	El radar Prototipo Operativo .....	143
7.5.7	La Oficina de Representación Técnica en Fábrica de la FAA.....	144
7.6	Las presiones contra el desarrollo nacional de radares .....	146
7.7	Conclusiones del capítulo .....	147

Capítulo 8	Conclusiones generales.....	151
8.1	Desarrollo de radares y capacidades dinámicas .....	152
8.1.1	Capacidades dinámicas y generación de conocimiento en el desarrollo de radares .....	152
8.1.2	Meta-capacidades como habilitadoras de capacidades dinámicas .....	154
8.1.3	Capacidades de FAA .....	155
8.1.4	Capacidad de acción gubernamental .....	156
8.2	Análisis desde la perspectiva de las coaliciones de causa .....	157
8.2.1	Los factores externos.....	157
8.2.2	El aprendizaje orientado a la política pública .....	158
8.2.3	El cambio en las creencias centrales como catalizador al cambio de las políticas públicas .....	159
8.2.4	La incorporación de valores desde los actores hacia la política pública....	161
8.2.5	La coalición de causa entre INVAP y FAA como componente del subsistema de la política de radarización.....	162
8.3	El marco integrador: El caso visto desde el enfoque COST.....	163
Anexo I	- Cronología .....	167
Anexo II	- La Inversión Pública realizada en radares .....	169
Bibliografía	.....	173
Documentos y Fuentes	.....	185
Entrevistas	.....	189

# Índice de Esquemas, Ilustraciones, Mapas y Tablas

Esquema 1 – Diagrama de la enfoque de las coaliciones de causa.....	42
Esquema 2 - Jerarquía e interrelación de meta-capacidades y capacidades dinámicas de INVAP .....	153
Ilustración 1 - Antenas de Chain Home.....	66
Ilustración 2 - Aspecto de una estación radar SCR-588 .....	79
Ilustración 3 - Red socio-técnica del desarrollo del Radar Secundario Monopulso Argentino (RSMA).....	129
Ilustración 4 – Torre y antena del primer prototipo operativo de RSMA en Bariloche (a), y del RSMA del Aeropuerto de Salta (b).....	134
Ilustración 5 – Antena del MET 2 (a) y representación de los ecos recibidos (b). .....	140
Ilustración 6 – Radar Argentino Mediano en su emplazamiento en Santiago del Estero.....	142
Mapa 1 – Ubicación de las antenas de Chain Home.....	65
Mapa 2 – Ubicación y cobertura de las estaciones de radares Raytheon SCR 588 B hacia 1958 .....	81
Mapa 3 – Cobertura del radar Marconi.....	83
Mapa 4 - Cobertura de radares de control de tránsito aéreo en Argentina hacia el año 2000 .	115
Mapa 5 - RSMAs instalados entre los años 2007 y 2014 en el marco del SINVICA. ....	132
Mapa 6 – Ubicación de los radares de la Serie 1 de RPA a noviembre de 2015 .....	138
Tabla 1 - Ejemplos de capacidades dinámicas .....	46
Tabla 2 – Localización de las primeras estaciones de radar y año de puesta en servicio.....	79
Tabla 3– Tipo y cantidad de radares previstos en la primera etapa del PNR de 1996.....	89
Tabla 4 - Capacidades Residentes en FAA e INVAP con potencial vínculo al desarrollo de radares utilizadas en el desarrollo de radares .....	121
Tabla 5 - Ubicación de RSMAs, según serie y año de instalación. ....	132

Tabla 6 - Radares componentes del SINVICA según el Decreto 1407/04.....	169
Tabla 7 - Detalle de la inversión pública realizada en el desarrollo y fabricación de radares primarios y secundarios en Argentina.....	171

# Glosario

AI	<i>Airborne Interception</i>
ANAC	Administración Nacional de Aviación Civil
ASI	<i>Agenzia Spaziale Italiana</i>
CCME	Contra Contra Medidas Electrónicas
CCO	Centro de Control de Operaciones
CIC	Centro de Información y Control
CITEDEF	Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa
CITEFA	Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
CNIE	Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales
CONAE	Comisión Nacional de Actividades Espaciales
COST	Constructivismo Social de la Tecnología
CyT	Ciencia y Tecnología
DGCTA	Dirección General de Control de Tráfico Aéreo
DGFM	Dirección General de Fabricaciones Militares
DINFIA	Dirección Nacional de Fabricaciones e Investigaciones Aeronáuticas
DSR	Dirección de Sensores Radar
EEUU	Estados Unidos de Norte América
ECC	Enfoque de las Coaliciones de Causa
EI	Estación de Intercepción
FAA	Fuerza Aérea Argentina
GCI	<i>Ground Controlled Interception</i>
GL	<i>Gun Lying</i>

IAR	Instituto Argentino de Radioastronomía
IFF	<i>Identification Friend or Foe</i>
IIAE	Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales
IIGM	II Guerra Mundial
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial
I+D	Investigación y Desarrollo
MD	Ministerio de Defensa
MET	Modelo de Evaluación Tecnológica
MINCyT	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva
MPFIPyS	Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
ORTF	Oficina de Representación Técnica en Fábrica
PLACTS	Pensamiento Latinoamericano en Ciencia Tecnología y Sociedad
PPI	<i>Plain Position Indication</i>
RPO	Radar Prototipo Operativo
RAM	Radar Argentino Meteorológico
RPA	Radar Primario Argentino
RPA3D-LA	Radar Primario Argentino 3D de Largo Alcance
RSMA	Radar Secundario Monopulso Argentino
RSMA-T	Radar Secundario Monopulso Argentino Transportable
RSMA-N	Radar Secundario Monopulso Argentino Navalizado
RU	Reino Unido
SAOCOM	Satélite Argentino de Observación Con Microondas
SARA	Sistema Aéreo Robótico Argentino

SIASGE	Sistema Italo-Argentino de Satélites para Gestión de Emergencias
SINARAME	Sistema Nacional de Radares Meteorológicos
SINVICA	Sistema Nacional de Vigilancia y Control del Aeroespacio
TAI	Tránsito Aéreo Irregular
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado
YPF	Yacimientos Petrolíferos Fiscales



# Capítulo 1 Introducción

## 1.1 Presentación del caso

En esta tesis se realiza un análisis de las capacidades dinámicas que fueron necesarias para que la empresa INVAP SE<sup>1</sup>, realizara el diseño y desarrollo de los primeros radares nacionales, constituyéndose en proveedor del Estado argentino en la materia. El desarrollo de tecnología radar, tanto para usos civiles como militares a partir del año 2003, aquí descripto, se asume como realizado en un marco de políticas públicas de índole tecnológico más amplio que la radarización en sí misma.

El radar basa su principio de funcionamiento en la aplicación de las ondas de radio para identificar objetos a la distancia y obtener información relevante sobre ellos. Al igual que la evolución de las comunicaciones inalámbricas, el desarrollo inicial de los radares posee la característica de haberse realizado gracias a contribuciones simultáneas de diversos ingenieros y científicos en varios países del mundo. Durante la década de 1930, la investigación sobre la detección de objetos por medio de ondas de radio se fue replicando en diversos países tales como Alemania, Estados Unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón, Reino Unido y la Unión Soviética. La preponderancia que tuvieron los radares en la Segunda Guerra Mundial (IIGM)

---

<sup>1</sup> INVAP SE es una empresa estatal propiedad de la provincia de Río Negro que fue fundada en el año 1976, iniciando sus actividades en el área nuclear. Luego de un período inicial en el cual la empresa se dedicó fuertemente a esta área, primero como proveedora del Estado y luego como exportadora de este tipo de tecnología, a partir del año 1992 se diversifica hacia el área espacial, más particularmente el desarrollo de satélites, consolidándose con el tiempo una estrategia de búsqueda de nuevos negocios. La historia y trayectoria de la empresa se presentan específicamente en el Capítulo 6 - Historia y trayectoria socio-técnica de INVAP. En adelante se hará referencia a esta empresa simplemente como INVAP, sin el acrónimo SE, correspondiente a Sociedad del Estado.

hizo que, una vez finalizada la contienda, esta tecnología se difundiera por el mundo entero, tanto por sus aplicaciones con fines de defensa, como por sus aplicaciones para la aviación civil e incluso por las aplicaciones científicas.

En la Argentina, los primeros radares utilizados fueron comprados en el año 1948, siendo la Argentina el primer país de la región que tuvo control del espacio aéreo de su territorio (González, 2014). En este sentido, la Fuerza Aérea Argentina (FAA), en su carácter de autoridad aeronáutica del país, se constituyó como el actor responsable del control del espacio aéreo (orientado a la defensa) y del control del tráfico aéreo (orientado a la ayuda en la navegación aérea) de la Argentina, y en tal carácter iría realizando compras esporádicas de nuevo material. A partir de fines de la década de 1970 impulsaría planes de radarización integral del espacio aéreo: tanto el Sistema Integrado de Control del Espacio Aéreo como el Plan Nacional de Radarización de la década de 1970 y de 1990, respetivamente, tuvieron la característica de centrarse en la compra de sistemas llave en mano. Sin embargo, ninguno de ellos fue concretado.

En el año 2004, durante la presidencia de Néstor Kirchner se crea el Sistema Nacional de Vigilancia y Control Aeroespacial (SINVICA) a través del Decreto 1407/04, el cual tiene por objetivo “controlar los movimientos en el espacio aéreo de jurisdicción nacional, incluidos los que provienen de terceros países o se dirigen hacia ellos, cumpliendo tareas de defensa aeroespacial y de control del tránsito aéreo” (Ministerio de Defensa, 2010; 150). Este Decreto tiene la particularidad de haber cambiado sustancialmente la manera en la que se aborda la problemática de la radarización en Argentina, al establecer que para el desarrollo del SINVICA deberían utilizarse, en la medida de lo posible, mano de obra técnica y capacidades de la industria nacional, para el diseño, desarrollo, ensamblado, construcción, prueba, operación y mantenimiento del sistema.

De esta manera, la empresa INVAP, que había comenzado durante el año 2003 el desarrollo de radares secundarios para la FAA a riesgo propio, logra formalizar por medio de un contrato durante el año 2006 la provisión de un prototipo y diez radares secundarios monopolos (de control de tráfico aéreo), ampliándose el pedido con otros 11 radares secundarios adicionales en 2010. El desarrollo de radares secundarios derivó en que INVAP también desarrollara radares primarios (de control del espacio aéreo) de forma tal que, en

2008, el Ministerio de Defensa (MD) encargara la provisión de seis radares primarios 3D (Canteros, 2011; Ministerio de Defensa, 2010).

El primer radar secundario producido en Argentina fue instalado y puesto en funcionamiento en el Aeropuerto Internacional de San Carlos de Bariloche durante el año 2007. Posteriormente en junio de 2009, se logró “la detección y representación del eco de una aeronave mediante un radar diseñado y producido íntegramente en la Argentina” (Ministerio de Defensa, 2010; 299). Estos hitos significaron el dominio por parte de Argentina de la tecnología necesaria para ser contada entre los pocos países del mundo capaces de diseñar y fabricar sistemas radar.

Al momento de escribirse esta tesis, no se ha realizado un análisis desde el campo de estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) de las políticas de radarización en Argentina así como tampoco en América Latina<sup>2</sup>. Tampoco se ha analizado al radar como artefacto objeto de políticas públicas en nuestro país, ni tampoco fueron analizadas las prácticas organizacionales necesarias que permitieron el diseño y fabricación de radares en Argentina.

## **1.2 Problema de investigación y objetivos**

El presente trabajo tiene dos dimensiones de análisis principales que constituyen un doble objetivo general: analizar los motivos por los cuales la política de radarización del Estado argentino a partir del año 2004 tomó una nueva orientación al dejar de lado la compra de tecnología extranjera e impulsar su desarrollo local, y analizar el desarrollo y producción de radares por parte de INVAP, buscando conocer y explicar las capacidades de la empresa que han sido utilizadas para tal fin.

La elección de la política de radarización se basó en que se trata de una política que no ha sido analizada desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, en

---

<sup>2</sup> Sí existen para el caso del Sistema de Vigilancia de la Amazonia (SIVAM) -que consiste en un sistema de monitoreo ambiental, del espacio aéreo y de comunicaciones de Brasil-, trabajos que analizan desde diversas perspectivas este sistema de vigilancia. Así, desde la perspectiva de las relaciones internacionales se puede consultar el trabajo de Cerquerira Leite (2002). Por su parte Falconi (2005) analiza este sistema como un pretexto para la modernización de parte de los equipos de la Fuerza Aérea Brasileira.

los cuales se inserta esta tesis. Por su parte, la elección INVAP como caso de estudio, más allá de deberse al hecho de que es la empresa que realizó el desarrollo tecnológico en sí, busca constituir un aporte adicional a los trabajos de aquellos autores que ya han analizado esta firma con anterioridad, pero que no han abordado el caso del desarrollo de radares y sus implicaciones al interior de la organización.

En esta tesis se realiza un estudio de la evolución de la radarización en Argentina, entendida como una política de defensa y de gestión del tráfico aéreo, pero sin perder de vista que, en sí misma, la problemática de la radarización, también tiene un aspecto tecnológico que no se puede soslayar, vinculado al radar y sus sistemas conexos en tanto artefactos. Para ello se describe cómo se ha abordado la radarización en Argentina desde la compra de los primeros radares hasta el año 2015, el rol que en dicho proceso llevó a cabo la FAA y, finalmente, se analizan tanto los motivos y el contexto en el cual se decide, en 2004, dejar de lado la compra de tecnología a empresas extranjeras y pasar a un enfoque de desarrollo tecnológico nacional.

En efecto, la política de radarización que se expresa a través de la creación del SINVICA en el Decreto 1407/04, en tanto política pública, presenta la particularidad de enfatizar el desarrollo nacional de tecnología, noción que se puede relacionar a los conceptos de desarrollo tecnológico soberano (Herrera, 1973) o de independencia tecnológica (Sábato, 2004), constituido por la decisión de la construcción nacional de radares, dejando de lado la dependencia que significó durante casi 60 años la compra de este material a países extranjeros. En esta tesis, por lo tanto, se considera el diseño y fabricación de radares primarios y secundarios como un desarrollo de tecnología en un país periférico (Prebisch, 1976), que decide aplicar conocimientos y capacidades pre-existentes, así como también crear nuevos, para lograr ser soberano tecnológicamente en lo referente al control tanto del espacio, como del tráfico aéreo. Esta dimensión de la tesis puede plasmarse en la pregunta ¿qué circunstancias impulsaron a que un país periférico como la Argentina pase de importar radares durante décadas a producirlos nacionalmente?

Para esto, la investigación se enmarca en una concepción de la política pública definida como “el conjunto de objetivos, decisiones y acciones que lleva a cabo un gobierno para solucionar los problemas que en un momento determinado los ciudadanos y el propio gobierno consideran prioritarios” (Tamayo Sáez, 1997: 281). Asimismo en esta tesis, el diseño y

aplicación de instrumentos de política pública es entendido como producto de la complejidad de las interrelaciones sociales, puja de intereses económicos, dinámicas tecnológicas, etc. La política objeto de estudio es una política tecnológica, pero como toda política pública está sujeta a una definición en la que intervienen múltiples actores y cuya racionalidad, intereses y creencias excede la dimensión técnica. Para profundizar en este aspecto se recurrirá al análisis de coaliciones de causa propuesto por Sabatier y Jenkins-Smith (1993).

Puesto que el desarrollo de tecnologías es posible gracias a las trayectorias de las organizaciones que lo llevan a cabo, el trabajo debió complementarse con el análisis de cómo se generaron las capacidades dinámicas, pre-existentes y desarrolladas en forma *ad-hoc* a fin de que la empresa INVAP pudiera diseñar y fabricar radares secundarios y primarios. Sin embargo, al avanzar con el análisis del caso se evidenció el hecho de que solo con las capacidades de la empresa no hubiera alcanzado para generar esta tecnología. Y de allí que se considera que una vez que INVAP y la FAA entraron en contacto, estableciendo lazos interinstitucionales, fue posible desarrollar estos artefactos. Por lo tanto, este estudio indagará acerca de la interrelación entre INVAP y la FAA en el desarrollo de radares. Puesto que se reconoce la importancia de las trayectorias institucionales en la construcción de capacidades actuales, también surgen otras preguntas: ¿Cuáles fueron las capacidades de cada una de estas organizaciones necesarias para desarrollar radares? ¿Fue necesario generar nuevas? y finalmente ¿Cuáles fueron estas nuevas capacidades?

En la medida que se avanzó con el trabajo en la tesis, fue adquiriendo cada vez más fuerza la idea de que en el caso analizado la política de radarización y el desarrollo de los radares en sí, no pueden ser explicados cabalmente en forma aislada, sino todo lo contrario. Es por ello que el concepto de co-creación entre sociedad y tecnología (Jasanoff, 2004) ha sido de gran utilidad para el análisis del caso. El enfoque de la co-creación, a su vez generó otras preguntas: ¿qué rol tuvieron tanto la FAA como INVAP en el desarrollo del SINVICA en tanto política pública de radarización? ¿Qué rol le cabe a la interacción entre estas dos organizaciones: es solo una relación entre contratista y contratante (o su representante técnico)? ¿Puede pensarse que la sustancial modificación en la política pública en la materia, haya sido -al menos en parte- un resultado de la interacción entre FAA e INVAP? Y por

consiguiente ¿puede considerarse esta política pública también como construida por un conjunto de actores, al igual que el artefacto radar y los sistemas conexos en sí mismos?

La presente tesis tiene los siguientes objetivos generales:

- Explicar cómo fue posible que la Argentina pasara de ser un país comprador de tecnología radar a dominar dicha tecnología a fin de diseñar y fabricar radares secundarios y primarios.
- Analizar el desarrollo y producción de radares secundarios y primarios en Argentina, haciendo énfasis en las capacidades dinámicas y la interacción entre INVAP y FAA.

Objetivos específicos:

- Reseñar y analizar la historia de los radares a nivel mundial hasta finales de la IIGM.
- Analizar los factores que posibilitaron de los cambios en la política de radarización argentina a partir del año 2004.
- Especificar los distintos actores involucrados y analizar su forma de participación en el diseño y desarrollo de radares nacionales entre 2003<sup>3</sup> y 2015.
- Analizar la interacción entre FAA e INVAP que permitió el diseño y desarrollo de radares primarios y secundarios en Argentina.
- Analizar el cambio en la política pública de radarización argentina desde la enfoque de las coaliciones de causa
- Analizar capacidades dinámicas, pre existentes o que hayan sido desarrollados por INVAP o FAA, y que hayan facilitado las actividades de diseño y fabricación de radares.
- Determinar la manera en que se fueron sucediendo los diversos esfuerzos tendientes a desarrollar tecnología de radares secundarios y primarios en la Argentina a partir del año 2003.

---

<sup>3</sup> Tal como se verá más adelante, el desarrollo de radares primarios y secundarios en Argentina se inició antes de que se estableciera una política pública que impulsara el desarrollo nacional de esta tecnología. Por este motivo la referencia al año 2003 en este ítem y al año 2004 en el precedente, son correctas.

Por lo anteriormente expresado, esta tesis busca realizar aportes tendientes a aumentar la comprensión sobre la generación y utilización de capacidades dinámicas que permiten el desarrollo de bienes intensivos en conocimiento en Argentina. También busca ser una contribución al análisis de las políticas públicas tecnológicas, las cuales, dependiendo de la orientación que adopten, o bien pueden implicar el desarrollo y fortalecimiento de capacidades nacionales gracias al aprovechamiento del poder de compra del Estado (lo que a su vez genera puesto de trabajo calificado, ahorro de divisas y la posibilidad de exportar bienes con un gran valor agregado) o bien pueden soslayar este aspecto, y dedicar fondos públicos a compras de tecnología de empresas foráneas.

### **1.3 Justificación del objeto de estudio**

En el caso que se estudia en esta tesis, también se aborda y analiza el rol que tuvieron los actores involucrados en el desarrollo nacional de tecnología radar. Asimismo, al realizar esta investigación se fue comprendiendo que la interacción entre los principales actores (la FAA e INVAP), no solo importó desde la combinación y utilización de conocimientos y capacidades que permitió la fabricación de los artefactos y sistemas complementarios en sí, sino que además dio lugar a la conformación de una política pública, plasmada en el Decreto 1407/04 y normas complementarias, que incorporó un fuerte componente explícito en la política de radarización de Argentina, relacionado con el desarrollo tecnológico nacional.

Por lo anteriormente expuesto, la política de radarización y el desarrollo de radares, emergen como objetos de esta investigación posibles de ser estudiados desde dos perspectivas teóricas: el análisis de políticas públicas, y de las capacidades dinámicas de los actores involucrados. Si bien dicho estudio puede ser llevado a cabo por separado, con el objetivo de otorgar mayor riqueza al análisis de la tesis, se recurrió a la complementariedad entre ambos marcos teóricos a fin de describir la interacción entre ellos y las dinámicas que los rigen. Por ello, se recurre a la triangulación de teorías, perspectiva que contribuye al debate sobre la generación de tecnologías intensivas en conocimiento en América Latina.

Asimismo, la tesis está atravesada por una tensión constante, la co-producción entre tecnología y sociedad (Jasanoff, 2004), esta última subsumida en los actores que intervinieron en la concepción de la agenda e implementación de una política pública. Este concepto de co-

producción, permite analizar las causas por las cuales no es posible explicar cómo se cambió el rumbo de la política pública de radarización en la Argentina, sin explicar el avance en el desarrollo de la tecnología objeto de dicha política, pero a su vez tampoco es posible explicar dicho desarrollo tecnológico sin tener en cuenta la evolución que, a lo largo del tiempo, ha tenido dicha política. A los fines expositivos, esto genera cierta complejidad, pero a su vez permite un análisis de mayor riqueza y profundidad.

Con esta tesis se espera contribuir a los estudios de políticas tecnológicas en contextos periféricos. Particularmente, se busca realizar un aporte a la comprensión del rol dinamizador que las políticas tecnológicas pueden tener en la economía de países periféricos como la Argentina, donde la combinación de capacidad de compra del Estado (Sábato, 2004), trayectorias (Nelson, 1991a, 1991b) y capacidades dinámicas (Eisenhardt y Martin, 2000), puede ser un catalizador de la creación de empleo genuino, así como también sentar las bases para nuevos desarrollos tecnológicos, si se logra articular diversos actores que puedan recombinar capacidades en pos de generar productos de alto valor agregado.

La política de radarización de la Argentina tuvo históricamente su foco en el cumplimiento de la misión de controlar y vigilar el espacio aéreo que el Estado argentino confería a la FAA. Un aspecto crucial de esta labor es la adquisición de los medios tecnológicos necesarios para llevarla a cabo, los cuales, durante más de cincuenta años se basaron en la compra de tecnología extranjera, y solo a partir de la década de 2000 la política de radarización incluyó en su cuerpo definiciones sobre la adquisición de material diseñado y fabricado nacionalmente.

Es por ello que esta tesis pretende constituir un aporte a fin de ejemplificar a los hacedores de políticas (*policy makers*) respecto a que toda política pública contiene un aspecto tecnológico. El mismo, dependiendo de la orientación que se dé a dicha dimensión de la política, puede propender al desarrollo nacional, al recurrir a capacidades del país para proveer dicha tecnología o, por el contrario se pierde esa oportunidad, en aquellos casos en que se opta por recurrir a soluciones foráneas para adquirir dicha tecnología.

Asimismo, y teniendo en cuenta que la tecnología radar es una tecnología dual<sup>4</sup>, esta tesis, es una contribución al estudio de casos de desarrollo de tecnologías duales en la Argentina, donde, a excepción de los trabajos sobre el vector misilístico Cóndor II, hechos por Blinder (2009; 2011) y de León (2017), aún no se han realizado estudios de caso sobre este tipo de tecnologías. Otro aporte fundamental de la tesis es, en el ámbito de la administración de empresas de base tecnológica, llamar la atención sobre la necesidad de conocer cuáles son los conocimientos que radican en capacidades existentes en las organizaciones, comprender las dinámicas que los rigen a fin de crearlo o incorporarlo, gestionarlo y aplicarlo, comprendiendo el rol que éste tiene en vistas de generar nuevos desarrollos tecnológicos y en definitiva nuevas oportunidades de negocios.

En lo concerniente al impacto de esta tesis, se espera que la descripción de las interacciones entre actores, particularmente entre la FAA e INVAP y la gestión que se hizo del conocimiento residente en capacidades dinámicas pueda ser tenido en cuenta como caso de éxito, que inspire y guíe este tipo de interacciones en otras organizaciones que realizan actividades de desarrollo de tecnologías intensivas en conocimiento en la Argentina así como también otros países de la región. Para ello, se describe cómo la creación de vínculos, posibilitó el establecimiento de prácticas de colaboración interinstitucional efectivas entre una empresa propiedad de un estado provincial y una institución pública, ambas de naturaleza y trayectorias disímiles, pero que lograron orientar sus esfuerzos al desarrollo y fabricación de radares.

## **1.4 Metodología de la investigación**

El trabajo de investigación fue abordado a partir del análisis de fuentes documentales, bibliografía sobre estudios en la temática, y la realización de diecisiete entrevistas en profundidad con informantes claves pertenecientes a INVAP, la FAA y el Ministerio de Defensa (MD). Estos informantes fueron elegidos o bien por el grado de participación en decisiones fundamentales en la materia, por el rol preponderante que tuvieron en el diseño y/o

---

<sup>4</sup> Según la definición que se tome esto puede significar o bien que sus usos, actuales o potenciales, pueden ser tanto civiles como militares (Molas-Gallart, 1997), o bien, que su desarrollo y/o uso son llevados a cabo por el sector civil o por el sector militar, pero habiendo una transferencia entre ambos sectores (Cowan y Foray, 1995)

desarrollo de radares, o por el rol protagónico en el desarrollo y/o implementación de la política de radarización. A su vez las entrevistas fueron un insumo fundamental, primordialmente, a fin de profundizar en el conocimiento de las trayectorias organizacionales, cubrir los períodos más recientes de sus historias, el desarrollo de radares y la generación de una nueva política de radarización, plasmada en el Decreto 1407/04. También se consultaron los balances y memorias de INVAP hasta el período finalizado el 30 de junio de 2016, inclusive.

Por su parte, el análisis del marco legal del SINVICA se desarrolló recurriendo a normativa legal como Decretos del Poder Ejecutivo Nacional, Resoluciones del Ministerio de Defensa (MD), y del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (MPFIPyS), así como también a diversos contratos entre INVAP, la FAA, la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), y los mencionados Ministerios.

El análisis de fuentes secundarias fue primordialmente utilizado en los capítulos referidos a la historia de los radares en el mundo y en Argentina. También en la presentación de la historia de la empresa INVAP y su trayectoria se recurrió a fuentes secundarias, así como a distintas fuentes de información que se constituyeron en insumo para abordar el análisis del caso del diseño y desarrollo de los radares, para lo cual se recurrió a folletos, páginas *web* y presentaciones públicas.

Cabe recalcar aquí que, por una cuestión de confidencialidad de la información, se ha optado por no explicitar los nombres, apellidos, ni posición ocupada en su respectiva organización, para ninguna de las fuentes entrevistadas. Por ello, serán citadas como “Fuente” seguido de un número asignado en forma arbitraria. Asimismo, el contenido de la tesis se basa en información que reviste carácter público, es decir no alcanzada por secreto militar.

## **1.5 Estructura del texto**

Luego de esta introducción, en el Capítulo 2 se presenta el estado de la cuestión, abordándose para ello los estudios sobre la historia de los radares, tanto en el mundo hasta la IIGM en general, como en Argentina a partir de la primera compra luego de esta contienda. También se abordan los estudios sobre desarrollos intensivos en conocimiento en Argentina,

haciendo especial hincapié en trabajos sobre INVAP. Finalmente, se presentan los principales exponentes argentinos del Pensamiento Latinoamericano en Ciencia Tecnología y Sociedad (PLACTS), y del análisis de políticas de Ciencia y Tecnología (CyT) en América Latina. Luego de ello, en el Capítulo 3, se explica el marco teórico que brindará las herramientas para el análisis del caso.

Puesto que el caso de los radares no ha sido objeto de estudio en América Latina (con excepción de Brasil), se consideró oportuno realizar, en el Capítulo 4, una brevísima introducción a la tecnología radar en sí, sin ánimos de presentar una detallada explicación técnica de los principios que lo rigen. Para ello, se expone una síntesis histórica de los primeros desarrollos de radares en el mundo hasta la IIGM, haciendo foco en los casos y los logros en cada uno de los principales países beligerantes. Luego, el Capítulo 5, se centra en la historia de la radarización en Argentina desde 1948, año en que se compran los primeros radares, hasta el Plan Nacional de Radarización de 1996, enfatizándose el rol que jugó la FAA en la materia, y, particularmente, la generación de conocimientos y capacidades que fueron acumulándose a lo largo de su trayectoria y que serían de utilidad para el diseño y fabricación de radares.

Posteriormente se realiza, en el Capítulo 6, un análisis de la historia y trayectoria de la empresa INVAP, a fin de presentar las actividades en las que la empresa tenía experiencia, así como también qué capacidades fueron útiles cuando se incursionó en el diseño y desarrollo de radares. Se presenta además brevemente el caso del desarrollo del Radar de Apertura Sintética (SAR) de los satélites SAO-COM, como antecedente del diseño y fabricación de radares.

En el Capítulo 7 se analizan los casos del desarrollo del Radar Secundario Monopulso Argentino (RSMA) y el Radar Primario Argentino (RPA). Se comienza explicando el estado de la radarización a comienzos de la década de 2000 y los cambios en el contexto que requerían la formulación de una nueva política pública en la materia, así como la situación que atravesaba la empresa en ese momento. Para explicar la gestación de la nueva política de radarización se explican cómo fueron los primeros contactos entre INVAP y la FAA que dieron lugar al desarrollo del RSMA, así como también la inserción de dicha política pública en el marco de las políticas de CTI del momento. Finalmente, se da cuenta del desarrollo del RSMA y del RPA. En el capítulo 8 se presentan las conclusiones.

Por último, cabe aclarar que con el fin de no dificultar la lectura con largas explicaciones se optó, en la medida que se consideró necesario realizar aclaraciones, por incorporar cuadros de texto con los que se buscó favorecer la comprensión de la información brindada a lo largo del texto, generalmente realizando aclaraciones de términos técnicos, cuestiones vinculadas a nomenclaturas, o bien aspectos sobre nociones técnicas generales.

# Capítulo 2 Estado de la cuestión

## 2.1 Introducción

Esta tesis busca realizar una doble contribución, por un lado, a los estudios interdisciplinarios que abordan el ciclo de las políticas públicas, y en particular aquellas políticas orientadas al desarrollo tecnológico. Por otro, a los estudios sobre empresas de base tecnológica a partir del análisis de capacidades dinámicas, ambos objetos orientados a contextos periféricos, como es el caso de la Argentina.

El desarrollo de la tecnología radar en la Argentina así como las prácticas organizacionales que lo permitieron no han sido abordados como objeto de análisis específico en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología en Argentina. Es posible atribuir esta situación al hecho de que, al contrario de lo que ocurre con otras tecnologías sobre las cuales existe un amplio número de estudios, como es el caso de la tecnología nuclear en Argentina (Hurtado, 2014; Rodríguez, 2014; Lugones, en prensa), el desarrollo local de radares es relativamente reciente.

El énfasis sobre la interacción entre la co-creación (Jasanoff, 2004) de políticas tecnológicas y la necesidad de recurrir a capacidades organizacionales (Eisenhardt y Martin, 2000) pre existentes, o bien a la creación de las mismas, a fin de desarrollar tecnologías intensivas en conocimientos que se presenta en el caso de estudio de esta tesis, se espera que se constituya en una contribución para futuras políticas sectoriales. Asimismo, el énfasis en la

gestión de las capacidades residentes al interior de empresas de base tecnológica, constituye un aporte para los responsables de la dirección y administración de este tipo de organizaciones.

Si bien los ejes centrales de esta tesis giran en torno a las políticas públicas y a la gestión de capacidades, también se ha optado por incorporar a la misma un análisis sobre la historia del desarrollo de radares en los principales países beligerantes en, y hasta el fin de, la II Guerra Mundial (IIGM). El objeto de haber incluido este aspecto histórico, es a los fines de explicar los orígenes de una tecnología generalmente poco conocida, pero que a su vez ha contribuido al desarrollo de la humanidad a partir de la segunda mitad del siglo XX. En el apartado siguiente se hace una breve presentación del estado de la cuestión de los estudios sobre la historia del radar a nivel mundial y posteriormente este tema se profundiza en el capítulo 4.

## **2.2 Estudios sobre la historia del radar en el mundo**

A diferencia de lo que ocurre con los estudios sobre el radar en Argentina, existe literatura sobre la historia del radar a nivel mundial. Desde una perspectiva de la historia de la tecnología, dos de los estudios más relevantes sobre el origen de esta tecnología y su desarrollo en países centrales en el marco de la IIGM son los trabajos de Swords (2008) y de Brown (1999). En términos generales estos autores dan cuenta de las características de los procesos que permitieron el desarrollo del radar en países como Alemania, Estados Unidos, Francia, Hungría, Holanda, Italia, Japón, el Reino Unido y la ex Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), antes y durante dicho conflicto bélico.

Ciertamente, el trabajo de Brown (1999) pone especial énfasis en el desarrollo y utilización de esta tecnología teniendo en cuenta el contexto político y militar durante la IIGM, en Alemania, los Estados Unidos (EEUU) y el Reino Unido (RU). No solo da cuenta de los orígenes y desarrollo del radar, sino también sobre su utilización e impacto en el ámbito castrense en el marco de dicho conflicto bélico. El autor afirma que se trata de un artefacto que cambió las bases de la guerra, al permitir conocer movimientos enemigos en largas distancias, en condiciones adversas como la niebla o la oscuridad de la noche, y que en definitiva, se constituyó en un arma decisiva para la guerra moderna. En cambio Swords (2008), que dedica

un capítulo especialmente al desarrollo de radares en el Reino Unido, en su trabajo presta una mayor atención a los aspectos técnicos de los artefactos fabricados.

Tanto Swords (2008) como Brown (1999), dan la pauta de que el radar es un artefacto que surgió simultáneamente en diversos lugares del mundo, durante la década de 1930, gracias a la pre-existencia de una base de conocimiento de la física y la ingeniería, produciéndose inicialmente una aplicación militar a partir de desarrollos tecnológicos que habían sido realizados con fines civiles, particularmente, para la incipiente televisión.

Pese a esto, los enfoques utilizados por los diferentes países para el desarrollo de radares fueron diversos. Tanto en los EEUU como en Alemania, el radar se abrió camino hacia el ámbito militar a partir de desarrollos de ingenieros trabajando en empresas. En EEUU la armada fue la rama de las fuerzas armadas que impulsó inicialmente, y sin demasiado ímpetu, su desarrollo en un marco de preocupación por los ataques aéreos y la propia incapacidad de ataque nocturno. Posteriormente el ejército se fijaría en el radar como un arma de defensa. En cambio, en Alemania el impulso a su desarrollo por parte del gobierno y las fuerzas armadas fue tibio, principalmente debido a la percepción del radar como un arma de defensa, situación que no tenía cabida en el marco de planes triunfalistas previos a la IIGM (Brown, 1999).

En cambio, en el Reino Unido (RU), según Brown (1999), los altos mandos militares y políticos veían con preocupación el rearme de Alemania en el período de entre guerras, y en este sentido evaluaban a su país en una situación de desventaja frente a la amenaza de los bombardeos en su territorio. Por esta inquietud es que recurren a ingenieros quienes presentaron la posibilidad de utilizar ondas de radio a fin de tener capacidad de detectar y alertar tempranamente sobre incursión de aviones enemigos. Esta información permitiría dirigir a los aviones de caza contra los bombarderos, sin necesidad de realizar patrullajes constantes, con el costo que dicha solución hubiera tenido. Este abordaje redundó en el desarrollo de una cadena de radares en las costas, así como una metodología de concentración y análisis de información, que ya se encontraban operando en el Este y el Sur del RU cuando, en Septiembre de 1939, Alemania inicia la invasión de Polonia desencadenando la IIGM.

Posteriormente el curso de la guerra llevaría a que el RU, gracias a su sistema de alerta temprana se impusiera en las sucesivas batallas aéreas que se conocen como la “batalla de

Inglaterra” libradas entre 1940 y 1941. Luego de la cual Alemania, además de concentrar su esfuerzo bélico en el frente Oriental, pasó a una estrategia de bombardeo nocturno de las ciudades inglesas. Para contrarrestar estas acciones fueron inventados dos tipos de equipos de radar: uno para ser utilizados en aviones (*airborne*), y otro tipo que permitía apuntar la artillería anti-aérea hacia blancos, tanto en la oscuridad de la noche o pese a condiciones meteorológicas adversas, particularmente nubes (*gun lying*). Estos aparatos luego permitieron, a su vez, el desarrollo de tecnología para bombardeo nocturno de blancos (Brown, 1999).

### **2.2.1 El Rol de los filtros perceptuales en el desarrollo de radares en los años previos y durante la IIGM**

En un estudio de carácter más historiográfico, Beyerchen (1994), analiza los desarrollos de radares en el período de entreguerras en Alemania, los EEUU y el RU. Su análisis se basa por un lado en los objetivos estratégicos como filtros en la percepción, y por otro, en analizar las implicaciones de tres dimensiones de análisis: el cambio técnico (referido a artefactos y dispositivos en sí), el cambio operativo (vinculado a las nuevas funciones de equipos y sistemas y la manera en que se utilizan), y el cambio tecnológico (relacionado al nuevo contexto de operación surgido de la interacción entre cambios técnicos y operativos).

De esta manera, Beyerchen también menciona lo indicado por Brown, acerca de que desde la perspectiva de los planes triunfalistas de Alemania durante el período de entreguerras, el apoyo al desarrollo técnico del radar, fue mucho más limitado. Sin embargo, también resalta el hecho de que pese a ello se logró desarrollar, antes del inicio de la IIGM, una gama más amplia de equipos, más precisos y con mejores capacidad que los de cualquier otro país en esa época. Sin embargo, el desarrollo del radar fue dividido entre varias agencias que competían entre sí y no mantenían comunicación fluida. Sumado a esto, el desarrollo operativo y tecnológico fueron relegados, hasta una vez reconocida la necesidad del uso generalizado para la defensa del territorio alemán. De esta manera, y pese a tener equipos técnicamente mejores, los alemanes no atinaron a desarrollar una doctrina de uso específica, siendo el radar un artefacto nuevo, pero en definitiva, sub-utilizado en el marco de viejas prácticas de observación del aire, con lo cual no se produjo un cambio operativo y, por ende, el cambio tecnológico fue limitado.

La percepción de la utilización que orientó el desarrollo y uso del radar en el RU, fue diametralmente opuesta a la de Alemania: la necesidad de defensa. En este sentido el radar, según Beyerchen, fue percibido como la respuesta técnica, operativa y tecnológica a la amenaza alemana. Ello explica la gran cantidad de fondos destinados a su desarrollo. Pese a ello el autor señala, citando a Churchill, que el mayor mérito británico fue la forma de utilizar operativamente la información provista, más que la novedad técnica de los equipos. Para ello se desarrolló una metodología basada en “la coordinación de las alertas aéreas, que incluía un proceso de filtrado para referenciar en forma cruzada [a los aviones incursores] y evaluar la información disponible, [además de] una eficiente red de comunicación para alertar a los pilotos de caza y guiarlos hacia sus blancos” (Beyerchen, 1994: 274). Gracias a esto, la innovación tecnológica británica se basó en la combinación de cambios técnicos con los procedimientos operativos implementados. Esto a su vez, constituyó la génesis de una forma nueva de combatir, la cual permitió desafiar al poder aéreo alemán, al tener la capacidad de coordinar centralmente la respuesta a la detección temprana de aeronaves enemigas gracias al uso del radar.

Por último, en el caso de los EEUU, el autor señala que estuvieron, hasta el inicio de la IIGM, un tanto por detrás de los desarrollos alemanes y británicos, puesto que no tenían ni un imperativo ofensivo como los primeros, ni el apremio defensivo de los segundos. De todas formas, los equipos estadounidenses fueron más semejantes a los alemanes: buenos equipos en términos técnicos, desarrollados con poco apoyo gubernamental, y realizado por diversos grupos (básicamente de la armada y el ejército) compitiendo entre ellos. Sin embargo, luego de la entrada de los EEUU a la guerra la percepción del propio papel del país fue cambiando, y en ese nuevo contexto el rol del radar fue resignificándose. Así, la gran innovación fue de carácter tecnológico, más que operativa o técnica, y estuvo orientada, cuando llegó la necesidad de la utilización ofensiva del radar, para bombardeos a grandes distancias, particularmente sobre Alemania.

## 2.2.2 Estudios sobre el desarrollo del Radar durante la IIGM en países en particular

Además de los aludidos Brown, Swords y Beyerchen, dando cuenta y comparando desarrollos realizados en diversos países, otros autores también estudiaron la historia del radar en países puntuales. Entre ellos se encuentran Tomlin (1988) quien también estudia el caso del Reino Unido; Chernyak e Immoreev (2009) y Kostenko, *et al.* (2001) para la ex URSS; Kümmitz (1994) y Kern (1994) analizan el caso alemán. También existen trabajos sobre los desarrollos de radares en países periféricos durante la II GM tales como los de Austin (1992) para el caso de Sudáfrica, donde se desarrolló un radar para defensa costera con limitado apoyo del Reino Unido, el de y Sinnot (2005) sobre el desarrollo de tecnología radar en Australia.

Respecto al trabajo de Tomlin (1988), en él se describe el trabajo realizado en diversos laboratorios y unidades del Real Cuerpo de Señales del Reino Unido. Su investigación abarca desde los primeros trabajos en tecnologías de alerta temprana realizados en dicho país a partir de 1917, que estaban referidos a espejos acústicos (*acoustic mirrors*) y localizadores de sonido (*sound locators*), el desarrollo de radares durante la IIGM y, luego de ésta, hasta el año 1953.

Por su parte, Chernyak e Immoreev (2009) y Kostenko, *et al.* (2001) describen el desarrollo de radares en la ex URSS antes y durante la IIGM, dando cuenta de las universidades, institutos, laboratorios y fuerzas armadas involucrados en estos desarrollos y los logros obtenidos. Estos autores, al igual que Brown (1999) cuando analiza los desarrollos de este país, señalan como característicos la duplicación de esfuerzos, el impacto negativo de las purgas políticas, y la falta de comunicación entre grupos de investigación, y los describen como aspectos particulares de los desarrollos soviéticos. Estos aspectos idiosincráticos explican, en gran medida, el hecho de que en definitiva los avances allí aquí realizados estuvieron por detrás, en el aspecto técnico, de los obtenidos contemporáneamente en otros países.

Kümmitz (1994) y Kern (1994), analizan el caso del desarrollo alemán de radares antes y durante la IIGM. Kümmitz se basa en una descripción de índole más técnica de los diversos modelos desarrollados para distintos fines hasta 1945 y explica cómo su desarrollo se debió

además de a cuestiones técnicas y científicas, a otras de índole política. Por su parte, el análisis de Kern (1994), propone una periodización del desarrollo de radares en Alemania desde la década de 1900 hasta finales de la II GM, identificando cuatro períodos. Puede afirmarse, siguiendo a estos autores, que en Alemania la falta de coordinación central, la competencia entre los diversos grupos que desarrollaron la tecnología e incluso la oposición a la tecnología radar, por parte de los pilotos y de ciertos cuadros políticos, redundaron en un apoyo limitado a su desarrollo, sobre todo durante los años previos a la IIGM y los primeros años del conflicto, pese a contar con desarrollos técnicamente superiores que los de Inglaterra o los Estados Unidos. Recién una vez que Alemania pasó a una posición defensiva, hubo un genuino interés por el desarrollo de radares particularmente para dotar de “visión nocturna” a los aviones de caza. Cabe, por último, señalar que luego de la IIGM los países Aliados vetaron el desarrollo de radares en Alemania durante algunos años (Kern, 1994).

Ciertamente cabe resaltarse el hecho de que el desarrollo del radar fue simultáneo en varios países, y diversos autores se han encargado de afirmarlo: véase Brown (1999), Kern (1994), Kümmitz (1994), Beyerchen (1994), Süsskind (1994) y Swords (2008). Pese a ello, en la actualidad no son muchos países los que han logrado dominar esta tecnología, y por consiguiente fabricar sus propios equipos. Por ejemplo, nuestro país fue uno de los primeros usuarios de tecnología radar de América Latina, al comprar los primeros radares a fines de la década de 1940. Y pese a que a inicios de la década de 1950 se realizaron algunos estudios en la temática, no fue hasta la década de 2000 que se llevaron a cabo avances significativos en la materia. En el apartado siguiente se realiza una revisión de la literatura sobre el radar en la Argentina.

### **2.3 Estudios sobre el Radar en Argentina**

En el caso de Argentina, el desarrollo de radares es una actividad reciente iniciada en la década de 2000. El libro de González (2014) presenta una revisión de la historia del uso del radar en el marco de la FAA, haciendo hincapié en aspectos técnicos (tales como la descripción de los distintos modelos de radar utilizados y la forma de operación), e institucionales como las actividades de los especialistas en Vigilancia y Control Aéreo (VYCA), cursos tomados, autoridades de la unidad, etc. También en dicho libro se repasan

aspectos generales de los diversos planes de radarización que siguió el país. Si bien su trabajo está centrado en el uso del radar para fines de control del espacio aéreo (uso militar), también tiene un acápite sobre el uso del radar para control del tráfico aéreo (uso civil) en Argentina. El libro posee, además, un capítulo sobre el uso de radares durante la Guerra de Malvinas.

Dicho trabajo, cuenta con el mérito de ser el primero publicado en Argentina en narrar la historia “interna” de los radaristas, es decir aquellos oficiales y sub-oficiales dedicados a la “especialidad vigilancia y control aéreo” en el marco de la FAA. Sin embargo, por el propio objeto de estudio, en el mismo no se analiza el desarrollo de radares en Argentina ni desde la perspectiva socio-técnica, ni del análisis de políticas públicas, ni tampoco se analiza el rol de las capacidades dinámicas de los actores intervinientes en su desarrollo. Tampoco profundiza en su análisis acerca del rol de la empresa INVAP en dicho desarrollo, ni en la condición *sine-qua-non* para el desarrollo de radares primarios y secundarios en Argentina, de la interacción entre dicha empresa y la FAA, que constituyen aspectos centrales de esta tesis.

## **2.4 Estudios sobre desarrollos intensivos en conocimiento en contextos periféricos**

El diseño y desarrollo de radares es una actividad que por su naturaleza es intensiva en conocimiento, en la cual es necesario recurrir a saberes como electrónica, propagación de ondas, procesamiento de señales, cálculo térmico y desarrollo de software, entre otros. La gran especificidad de los conocimientos requeridos, así como también de la complejidad de la integración de estos saberes, a fin de fabricar un radar, es que pueden constituir una explicación potencial acerca de por qué pocos países en el mundo dominen esta tecnología y por consiguiente, muchos deben abastecerse con artefactos importados. Es por esta complejidad, inherente al diseño y fabricación de radares, que cabe insertar esta tesis también dentro de la literatura de estudios de caso de desarrollos tecnológicos intensivos en conocimiento en contextos periféricos.

Para ello, este apartado se inicia con una breve revisión de la literatura sobre desarrollos intensivos en conocimiento en contextos periféricos. Posteriormente se presentan y analizan estudios sobre otros casos en los cuales se analiza el desarrollo de este tipo de productos en empresas de base tecnológica, para luego analizar en detalle estudios sobre la empresa INVAP

desde perspectivas socio-técnicas (sección 2.4.2.1), de gestión (sección 2.4.2.2) y económica (2.4.2.3)

Dentro de la literatura de los estudios sobre desarrollos intensivos en conocimiento en contextos periféricos, se encuentran casos tales como el seminal trabajo de Adler (1988) en el cual se compara el desarrollo de la industria nuclear y de computación en Argentina y Brasil, o el más reciente artículo de Hira y De Oliveira (2007), donde se analizan los factores diferenciales para el éxito comercial en los casos de las empresas fabricantes de aeronaves de Brasil y Argentina: la Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER) y la Fábrica Militar de Aviones (FMA, actualmente Fábrica de Aviones, FADEA), respectivamente.

El trabajo de Adler, busca explicar de qué manera es posible generar desarrollo tecnológico autónomo en contextos donde las condiciones económicas y tecnológicas no son las más propicias, y cómo es que existen casos en que, pese a la condición de periferia, hay gran potencial y de todos modos estas iniciativas fracasan. Adler explica que, en estos contextos, la percepción de dependencia tecnológica se soluciona por medio de la generación de autonomía tecnológica (entendida como opuesta a la dependencia) basada en una “ideología de antidependencia pragmática”<sup>5</sup>. En este esfuerzo antidependentista, el rol de ciertos funcionarios -aunque también economistas, científicos y tecnólogos-, llamados por el autor “guerrilleros tecnológicos”, se torna fundamental a fin de contrarrestar otra ideología imperante en el poder político a la cual denomina “de eficiencia económica”, de carácter cortoplacista, y dentro de cuya percepción el desarrollo tecnológico autónomo no es sino una re-invencción de la rueda.

Estos “guerrilleros tecnológicos”, según Adler (1988), son los actores individuales que encaran la labor de convencer al poder político sobre la conveniencia de generar infraestructura tecnológica y formación de recursos humanos a fin de, por medio de la autonomía en la generación y uso de tecnologías, lograr objetivos sociales, económicos y de seguridad nacional, utilizando para este fin el poder de las instituciones públicas.

---

<sup>5</sup> Respecto al desarrollo tecnológico autónomo, se pueden consultar los trabajos de Blinder (2011; 2009) y Hurtado (2014) referidos a tecnología misilística y nuclear en Argentina, respectivamente.

### **2.4.1 Estudios de caso en Argentina**

Existen trabajos que, sobre todo desde las perspectivas socio-técnica, y de la economía evolucionista, analizan tanto el desarrollo de productos tecnológicos intensivos en conocimiento, así como de empresas de base tecnológica. Cabe aquí mencionar los trabajos de Lalouf (2005) y Artopoulos (2012) sobre el desarrollo de los aviones Pulqui I y Pulqui II entre los años 1949 y 1960; el de Picabea (2010) sobre el caso de las Industrias Aeronáuticas y Mecánicas del Estado (IAME); el trabajo de Aguiar (2011) sobre la trayectoria socio-técnica de la empresa BioSidus, o el de Gutiérrez (2013) sobre IMPSA.

Esta literatura es valiosa por los aportes que realiza para comprender la trayectoria de empresas o artefactos intensivos en conocimiento que fueron desarrollados en nuestro país, así como también el marco de políticas públicas (o a la ausencia de ellas) en las cuales se dieron.

### **2.4.2 Estudios sobre INVAP**

Dentro del estudio de casos cabe mencionar en forma especial aquellos trabajos que han estudiado en detalle a la empresa INVAP, dado que entre ellos se sitúa esta tesis, y puesto que la empresa rionegrina ha sido un actor fundamental en el desarrollo de radares en Argentina. Entre estos, el más exhaustivo, sin lugar a dudas, es el realizado por Versino en su tesis de doctorado (2006), en el cual se analiza la trayectoria socio-técnica de la empresa desde una perspectiva socio-técnica<sup>6</sup>.

Seijo y Cantero (2012) también han realizado un análisis de la empresa pero desde una perspectiva administrativa. Su trabajo se centra en la identificación y análisis de “tecnologías de investigación” que los autores caracterizan como catalizadoras de las capacidades dinámicas, las cuales llevan al establecimiento de ventajas competitivas.

Por su parte, existe una serie de trabajos realizados por investigadores de la Fundación Bariloche sobre INVAP, que apuntan a un análisis histórico y económico de la empresa. Entre estos trabajos se encuentran: el de Lugones (2008), donde revisa las instancias fundacionales

---

<sup>6</sup> Existe artículo en castellano, versión reducida de esta tesis originalmente escrita en portugués, y con algunos agregados respecto de la mencionada tesis doctoral. Véase Thomas, Versino y Lalouf (2013).

de INVAP y se muestra la fuerte influencia que el pensamiento de Jorge Sábato tuvo en los fundadores de la firma. Por su parte, los trabajos de Kozulj y Lugones (2007) y Kozulj *et al.* (2005) estudian las tramas productivas en las que participa INVAP, particularmente las industrias nuclear y aeroespacial argentinas, destacando en estos dos últimos casos, por un lado, el rol central de INVAP en dichas redes, y por otro, su carácter de nexo articulador entre ambos sectores industriales. A continuación se hace una presentación más detallada de los trabajos mencionados en este apartado.

#### **2.4.2.1 El estudio de la trayectoria socio-técnica de INVAP entre 1971 y 2005**

El trabajo de Versino (2006), busca responder la pregunta acerca de cómo ha sido posible generar bienes intensivos en conocimiento en países poco desarrollados, tradicionalmente ligados a la producción de bienes primarios basados en el aprovechamiento de recursos naturales, focalizándose para ello en el caso del desarrollo de tecnología nuclear y espacial al interior de la empresa INVAP entre 1976 y 2005. En este análisis se muestra la importancia que tiene el Estado, si no por una política deliberada, al menos por una política “habilitadora” (Versino, 2006: 232) para el desarrollo de trayectorias de producción de tecnologías intensivas en conocimiento, y se analiza la producción de este tipo de bienes.

El trabajo de Versino analiza la trayectoria socio-técnica de la empresa a partir de cinco dimensiones de análisis: organizacional, política, ideológica, cognitiva y espacial-territorial<sup>7</sup>. Particularmente interesante, desde la perspectiva de esta tesis, es la noción de “desafío” que se plasma en la frase “nosotros podemos hacerlo” y que empapa los sucesivos desarrollos tecnológicos a lo largo de la historia de la empresa, por más que al encarar nuevos proyectos no hubiera un conocimiento previo específico y profundo, lo cual –en definitiva- constituye un valor particular de la cultura empresarial<sup>8</sup>, y que a su vez puede vincularse fuertemente con la ideología antidependentista de los fundadores (Versino, 2006: 174; 234).

---

<sup>7</sup> Véase el Capítulo 6, para una presentación detallada de la historia de la empresa.

<sup>8</sup> Para una revisión del concepto y el rol que la cultura tiene en las organizaciones véase Schein (2004).

Otro aspecto significativo del trabajo de Versino (2006) es su análisis de la evolución de la empresa, desde una perspectiva estratégica que puede vincularse con aspectos ideológicos, como marco perceptual para establecer la estrategia empresarial<sup>9</sup>, y que al analizar cómo ha ido variando en el tiempo, la autora lo toma como un factor determinante para establecer una periodización de la historia de la firma.

Este trabajo, es sin duda el más extenso que se haya realizado a la fecha sobre INVAP. No obstante ello, por el recorte temporal realizado, realiza una breve mención al desarrollo de radares por parte de la empresa, que ocurre a partir del año 2003, y no profundiza en el análisis de estos artefactos, ni la relación con la FAA. Además, si bien en dicho trabajo se reconoce la existencia de procesos de aprendizaje y la importancia del conocimiento al interior de la empresa, escapa a su análisis la descripción de las capacidades dinámicas y el rol que las mismas tienen para el caso del desarrollo de la tecnología radar, aspectos que sí se abordan en la presente tesis.

Respecto al trabajo de Thomas, Versino y Lalouf (2013), cabe aclararse que los autores retomaron el tratamiento del aprendizaje por interacción (*learning by interacting*) mencionado en Versino (2006, véase particularmente las páginas 209-210) concluyendo que esta “permeabilidad a sugerencias y especificaciones incrementales” (Thomas, Versino y Lalouf, 2013: 138) constituye una ventaja competitiva, que fue decisiva en lo referido a la obtención de licitaciones, vinculadas al área nuclear. En esta tesis se analizará cómo esta capacidad también fue central a fin de generar flujos de conocimiento entre INVAP y la FAA y por lo tanto es un concepto que es retomado al analizar el desarrollo de radares.

---

<sup>9</sup> Tomando en cuenta la caracterización hecha por Mintzberg *et al.* (2010), respecto a que, entre otros aspectos, la estrategia empresarial puede ser entendida también como resultado de la percepción que la empresa tiene, del entorno, de sí misma y de su posibilidad de accionar sobre condiciones de aquél.

### 2.4.2.2 El rol de las capacidades dinámicas en la diversificación productiva de INVAP

El trabajo de Seijo y Cantero (2012) toma como punto de partida el artículo de Thomas, Versino y Lalouf (2008)<sup>10</sup>, y profundiza su análisis sobre las “capacidades tecnológicas” desde una perspectiva administrativa del estudio de los micro procesos que permitieron llevar adelante una estrategia de desarrollo de productos que, en un análisis *ex ante*, podrían suponerse como no relacionados.

Por ello, el trabajo de Seijo y Cantero identifica y da cuenta de la dinámica que, al interior de la empresa, tienen las tecnologías de innovación y las capacidades dinámicas que, surgiendo en un área determinada, pueden ser re-significadas y aprovechadas en otras<sup>11</sup>. Este aporte permite entender la cartera de productos de INVAP como basada en la aplicación de capacidades que se han generado en la empresa gracias a procesos de desarrollo de tecnologías a lo largo de su trayectoria socio-técnica. Estas capacidades surgidas o adquiridas con vistas a desarrollos de ciertas tecnologías (por ejemplo reactores de investigación), son luego adaptadas y re-combinadas con otras, a fin de desarrollar otras tecnologías que *a priori* no tienen nada que ver con la anterior (por ejemplo satélites, respecto de los reactores). Sin embargo, el común denominador a los desarrollos de diversas tecnologías lo constituyen las capacidades que la empresa emplea en ellos, y de allí su caracterización como capacidades dinámicas hecha por Eisenhardt y Martin (2000).

Por lo tanto, puede afirmarse que existe cierta relación entre productos que *a priori* son muy distintos, si se toman en consideración los conocimientos y capacidades aplicados para su desarrollo. Este trabajo, que aporta una conceptualización interesante sobre el desarrollo de productos en INVAP, sienta una base fuerte para el análisis del desarrollo de radares que abarca esta tesis. Sin embargo, como se observará, para el caso del desarrollo de radares, INVAP tuvo que combinar ciertas capacidades propias, con capacidades que no poseía y que

---

<sup>10</sup> El artículo de Thomas, Versino y Lalouf (2008) citado por Seijo y Cantero (2012) es la versión publicada originalmente en la Revista Desarrollo Económico 47, 188, de 2008. Una versión algo modificada y aumentada de ese mismo artículo es la que los autores publican en el libro “Innovar en Argentina” (Thomas, Versino, y Lalouf, 2013) y que se ha tomado como referencia en este trabajo.

<sup>11</sup> El concepto de “capacidades dinámicas” es presentado y profundizado en el capítulo 3.

fueron incorporadas gracias a la estrecha relación de colaboración con la FAA. En este sentido, la interpretación de la relación entre INVAP y la FAA va mucho más allá de la relación entre contratista y contratante, o entre contratista y organismo técnico que hacía el seguimiento de un contrato, tal como se analiza en los próximos capítulos. Asimismo, del análisis que se realiza del caso surge la necesidad de conceptualizar meta-capacidades, es decir, capacidades que son habilitadores de otras y que serán tratadas en el apartado 6.3.

### **2.4.2.3 El análisis de las actividades de INVAP desde una perspectiva económica**

Como se decía anteriormente, existen además de los trabajos ya reseñados, una serie de estudios en los cuales se analizan, desde una perspectiva económica de tramas productivas, los sectores nuclear y espacial en Argentina, así como también la trama productiva existente alrededor de INVAP y su impacto local y regional (Kozulj *et al.*, 2005; Kozulj y Lugones, 2007). En el contexto de esta tesis, estos estudios permiten, por medio de una analogía, comprender que la empresa INVAP ha desarrollado a lo largo de su trayectoria una capacidad intrínseca orientada a constituirse en un actor clave, en las tramas productivas en las que interviene.

De esta manera, además de generar capacidades que recombina en desarrollos tecnológicos diversos, también se puede afirmar que la empresa es generadora de redes o entramados productivos en torno a desarrollos de tecnologías intensivas en conocimiento en Argentina. De esta forma, el desarrollo de radares constituye un ejemplo en el cual la empresa aplica capacidades o desarrolla nuevas, pero a su vez genera un entramado socio-productivo del cual se constituye en actor fundamental.

En el primero de estos trabajos que analizan a INVAP desde una perspectiva económica, Kozulj *et al.* (2005), describen el entramado productivo de las industrias nuclear y espacial en Argentina. En ambos casos se da cuenta de la historia de las tramas y los logros alcanzados en cada una de ellas. Respecto a la industria nuclear, los autores analizan los logros obtenidos en términos de exportación de este tipo de tecnología, en la cual INVAP tiene un papel sumamente relevante. Respecto a la trama de la industria espacial, explican que al momento de su investigación, ésta podía caracterizarse como en proceso de formación, donde existía un

bajo nivel de integración de firmas, en la cual la empresa INVAP tenía un rol protagónico en el desarrollo de tecnología espacial, y por lo tanto el diseño y construcción de todas las misiones satelitales habían sido encargados a ésta empresa.

Un interesante aporte de este trabajo es el referido a la mención que los autores hacen sobre el desarrollo de la industria espacial en nuestro país, efectivizado a partir de agentes y estructuras de la industria nuclear y de estrategias análogas a las desarrolladas por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Los autores fundamentan este hecho, en que tanto la conducción de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), como la de INVAP, estaba integrada por tecnólogos que fueron formados por -o desarrollaron parte de su historia laboral en- la CNEA. En este contexto, los autores asignan a la empresa INVAP un rol de nexo entre ambos eslabonamientos productivos.

Kozulj y Lugones (2007), por su parte, analizan la interacción que INVAP ha desarrollado con otros actores a lo largo de su historia a fin de constituirse como empresa exportadora de tecnología del sector nuclear. Los autores caracterizan la trama productiva de la empresa como constituida por clientes, empresas asociadas (muchas de ellas como subcontratistas), e instituciones de CyT, y definen a la trama como heterogénea, habiendo diferencias sustanciales en el vínculo que INVAP ha desarrollado con los diversos actores.

Así, en lo referido a las empresas involucradas, Kozulj y Lugones caracterizan la trama como débil, bajo un modelo de vinculación jerárquico y heterogéneo, en la cual la empresa “no constituye un aspecto clave en el desarrollo de los agentes individuales” (2007: 10) y donde las interacciones no son el resultado de una política de la empresa para incentivar el desarrollo de proveedores en la trama<sup>12</sup>.

Por su parte, en el caso de la relación con las instituciones de CyT, CNEA y CONAE, la trama es caracterizada como fuerte. En ella abundan las relaciones tanto informales como formales, dando cuenta de esto último los vínculos de colaboración en I+D, hecho que se refleja en la movilidad de recursos humanos entre los actores, el uso de instalaciones comunes

---

<sup>12</sup> Cabe mencionarse aquí, que los autores señalan que esa parte de la trama productiva está conformada por micro y pequeñas empresas que a principios de la década de 1990 surgieron como *spin-off*, tanto de la propia empresa INVAP como de la CNEA, y que pueden ser caracterizadas como industrias de alta tecnología o como de servicios intensivos en conocimiento.

y la generación de nuevos conocimientos. Pese al rol central de INVAP en esta trama, los autores indican que no existe ningún actor que funja de coordinador en el intercambio de conocimiento y aprendizajes, y que, además, facilite el desarrollo de ventajas competitivas de carácter sistémico.

Además, la trama productiva de INVAP, pese a que dio lugar a la creación de nuevas empresas, ha tenido un impacto limitado: tiene, por un lado, una “importancia cuantitativa marginal a nivel mundial” (Kozulj y Lugones, 2007: 09), y, a nivel local, la trama es poco significativa en cuanto a variables económicas como generación de empleo, producción y exportación. Finalmente, los autores señalan que si bien, desde una perspectiva cualitativa, la trama es de una importancia sustancial, por el tipo de productos que desarrolla, gracias a la adquisición de competencias en innovación que le permiten producir tecnología de punta, la misma no ha logrado generar un proceso de re-especialización del ámbito productivo de la región hacia actividades de alto valor agregado.

Los aportes de este grupo de autores, se centran en el análisis del impacto que a nivel económico ha tenido la empresa INVAP en las tramas productivas nuclear y satelital (espacial). Sin embargo, en ninguno de estos trabajos se analiza la constitución de una trama productiva en la empresa, vinculándola al sector defensa en Argentina.

Puesto que esta tesis, al explicar la política de radarización como una política tecnológica, busca insertarse en la literatura sobre políticas públicas tecnológicas, en el apartado siguiente se plantea su inserción en otro cuerpo de conocimientos, referidos al análisis de este tipo de políticas en América Latina

## **2.5 Análisis de políticas de CyT en América Latina**

El giro fundamental de la política de radarización en Argentina a partir del año 2004, fue la decisión de desarrollar nacionalmente esta tecnología. Es por ello que cabe analizar a esta política pública, más allá de la perspectiva de control del espacio y tráfico aéreo, como una política tecnológica. En este sentido, cabe mencionar que existe una tradición en Latinoamericana en la cual es posible situar a diversos autores que han abordado el tema del análisis de políticas públicas de CyT. Los primeros estudios que surgen al respecto fueron

realizados durante la década de 1960, y constituyeron la base de lo que luego se ha denominado “Pensamiento Latinoamericano en Ciencia Tecnología y Sociedad” (PLACTS) (Dagnino, Thomas y Davyt, 2000; Kreimer y Thomas, 2004; Feld, 2011). Los autores que trabajaron en el marco de PLACTS buscaron evidenciar los aspectos estructurales de los países subdesarrollados que podrían condicionar los potenciales efectos benéficos de las políticas de CyT sobre el desarrollo económico y social (véase por ejemplo Herrera, 1973; Sábato y Mackenzie, 2014 [1979]; Sábato, 2004; Varsavsky, 1969).

Entre los primeros y principales exponentes de PLACTS en Argentina, que se centraron específicamente en la cuestión tecnológica, se encuentra Amílcar Herrera quien realizó una distinción entre política explícita (aquella que los gobiernos plasman en su *corpus* legal de la política científica y tecnológica) y política implícita (que expresa la demanda científica y tecnológica de un país y por tanto es más difícil de definir) en materia de CyT, y explica que en los países desarrollados suelen ir de la mano ambas expresiones de esta política. Por el contrario, sostiene que en el caso de los países de América Latina existe una escisión entre una y otra (Herrera, 1973).

Otro autor destacado de esta corriente de pensamiento ha sido Jorge Sábato. La impronta de su pensamiento, en el marco del desarrollo de la investigación y análisis de esta tesis han sido de gran relevancia. Particularmente, la consideración que hacía el autor sobre el Estado, y el aprovechamiento de su capacidad de compra, como un factor decisivo para el estímulo del desarrollo tecnológico. En este sentido, planteaba la interacción entre el sector científico-tecnológico, el Gobierno y la estructura productiva, que eran propuestas como el vehículo por el cual se podía potenciar el desarrollo de un país a través de la transferencia de conocimientos entre estos actores<sup>13</sup> (Sábato, 2004). Asimismo, llamó la atención en forma temprana sobre la necesidad de generar fábricas de tecnología<sup>14</sup>, en las cuales fuera posible desagregar –es decir,

---

<sup>13</sup> A este ideas las plasmó en su noción Triángulo (Sábato, 2004), posteriormente conocido como “triángulo de Sábato”.

<sup>14</sup> Sábato y MacKenzie definen las fábricas de tecnología, como similares a los laboratorios de investigación. Sin embargo, la diferencia sustancial reside en que el conocimiento “en el laboratorio científico se busca por sí mismo (para llegar a la verdad), en la fábrica se lo busca, se lo obtiene y se lo procesa para producir un paquete tecnológico, que es una mercadería destinada a satisfacer una determinada demanda económica” (Sábato y Mackenzie, 2014 [1979]: 197)

abrir- los paquetes tecnológicos en sus partes componentes, de forma tal de desarrollarlos localmente y, de esta manera, disminuir la dependencia de países extranjeros proveedores.

Un tema recurrente en los trabajos de Sábato, es aquel vinculado a cómo se puede lograr la autonomía tecnológica. En este sentido el autor resalta el hecho de que en contextos de dependencia de tecnología extranjera, al aprender a utilizar una tecnología al interior de un país, puede pensarse en transformar esa tecnología en un medio para el propio desarrollo, puesto que tener conocimientos sobre ella permite “saber definirla en los términos más adecuados y convenientes” (Sábato, 2014 [1980]: 208). Así, el dominio de una tecnología puede lograrse por diversos caminos: ya sea o bien realizando requerimientos de desarrollos de tecnologías adaptados a las condiciones locales, o bien comprando aquellas tecnologías que mejor se ajusten a dichos requerimientos. También se puede lograr adaptando la tecnología comprada en el extranjero o, gracias a la acumulación de conocimientos relativos a ésta, desarrollándola con adaptaciones a fin de responder a condiciones y necesidades locales. De esa manera, en definitiva lo que se logra es el desarrollo de un poder de toma de decisiones autónomas, no dependientes de terceros países, en lo referido a dicha tecnología (Sábato, 2014 [1980]).

El pensamiento de Jorge Sábato además de sentar las bases ideológicas para la creación de una industria nuclear en Argentina, también fue inspirador para la fundación de INVAP, tal como señalan Lugones (2008) y Versino (2006). Sin embargo, la noción de apertura de paquetes tecnológicos también puede ser aplicada al desarrollo de radares en Argentina de forma tal que, actualmente, constituye un ejemplo que ilustra aquello apuntado por Sábato acerca de la posibilidad de reducir la dependencia tecnológica al producir tecnología localmente, gracias a procesos previos de aprendizaje sobre el manejo de una tecnología.

Más cercano a nuestros días, Albornoz señala que la política científica nunca llegó a ser central en los países latinoamericanos, llevando esta situación a crear una virtual escisión entre la retórica de la política científica y su práctica. Esta observación lo lleva a afirmar que “el carácter meramente retórico que en América Latina frecuentemente tuvo (y tiene) la política científica, y el aislamiento de la comunidad académica con respecto a otros actores sociales, son expresión, más que causa, de la ausencia de políticas capaces de hacer que la ciencia contribuyera en forma tangible al logro de metas económicas y sociales” (Albornoz, 1999: 4).

Los autores de PRACTS mencionados advirtieron, además, sobre los efectos negativos de la importación de modelos instituciones y el uso de instrumentos conceptuales generados en contextos de países centrales (véase por ejemplo Dagnino y Thomas, 2000). A pesar de esas virtudes, y en tanto marco de análisis de políticas de CTI, PRACTS tiene la peculiaridad de que no ha desarrollado herramientas teóricas y metodológicas para estudiar los procesos sociales, políticos y de la burocracia estatal para formular políticas. Asimismo, por proponer una mirada general quedan fuera de su análisis los procesos micro-sociológicos al interior de instituciones, organizaciones, grupos y actores individuales, que son, en definitiva, quienes dan vida a las políticas desde su concepción hasta su evaluación.

## **2.6 Conclusiones del capítulo**

La revisión realizada de literatura sobre el radar, tanto en el mundo como en nuestro país, así como los análisis de casos de desarrollo de tecnologías y empresas intensivas en conocimiento en contextos periféricos, y de Argentina en particular, y la breve introducción al PRACTS realizados en este capítulo, tienen el objetivo de situar el trabajo realizado en la presente tesis como un aporte a cada uno de estos enfoques.

Del análisis de los estudios sobre el desarrollo del radar en el mundo puede extraerse la idea general de que la tecnología radar, al igual que tantas otras, ha sido desarrollada en el marco de sociedades que dotaban a dicha tecnología de ciertas características que se basaban en percepciones que sobre su utilidad se fueron forjando en el marco de contextos socio políticos de las décadas de 1930 y 1940. Adicionalmente, esto influyó en el tipo de apoyo gubernamental que se otorgó a la misma, el grado de cooperación o competencia en el desarrollo temprano de radares en diversos países, o el uso que se dio a la información que los radares generaban. En definitiva la co-creación entre sociedad y tecnología se puede observar también en el desarrollo histórico del radar y por lo tanto cabe retomar este enfoque para analizar el caso de su desarrollo en la Argentina.

Por otra parte, se ha mencionado la existencia de estudios de caso de desarrollo de tecnologías en contextos periféricos, dentro del cual es posible situar el caso que se analiza en esta tesis. Al respecto el análisis realizado por Adler brinda algunas categorías útiles que son retomadas en capítulos posteriores. Particularmente la noción de “guerrilleros tecnológicos”

constituye una categoría de análisis que complementando las nociones de aprendizaje orientado a la política pública y el cambio de creencias centrales de los actores políticos, permiten explicar en los próximos capítulos el cambio de la política pública de radarización en la Argentina a partir del año 2004.

Es dentro de este grupo de trabajos que estudian diversos desarrollos tecnológicos en la Argentina, entre los cuales se sitúa esta tesis. La misma puede pensarse, de alguna manera, como un complemento a la tesis de Versino sobre la trayectoria socio-técnica de INVAP, así como también constituyendo una ampliación del trabajo de Seijo y Cantero sobre capacidades dinámicas de dicha empresa, que además ha llevado a una profundización conceptual sobre esta herramienta de análisis, forjándose en esta tesis el concepto de meta-capacidades dinámicas a fin de poder contar con una herramienta teórica que permite abordar plenamente el caso de estudio.

También en este capítulo se realizó una breve presentación sobre el PLACTS. Pese a que este cuerpo de conocimiento, como se ha mencionado, no produjo una metodología de análisis ni herramientas teóricas para pensar las políticas de CTI en América Latina, constituye un marco general para pensar el desarrollo tecnológico en un contexto periférico. Uno de los principales exponentes Argentinos del PLACTS, Jorge Sábato, acuñó el concepto de fábrica de tecnología que es útil para describir a INVAP, así como también una explicación acerca de la posibilidad de utilizar el aprendizaje en el uso de una tecnología como vehículo para su posterior producción nacional de forma tal que contribuya al desarrollo económico del país. Esta idea también constituye un apoyo fundamental para explicar el modo en que la acumulación de conocimientos y capacidades vinculadas al radar en nuestro país durante décadas, constituyeron un aporte de fundamental importancia para su desarrollo nacional.

Cabe por último señalarse aquí que el desarrollo de radares en Argentina, ya sea como artefacto tecnológico, o en tanto tecnología intensiva en conocimiento, no ha sido analizado previamente en ningún trabajo perteneciente a estos enfoques.

En el capítulo siguiente se realiza una revisión de las herramientas conceptuales que serán utilizadas para dar cuenta del caso en cuestión, con el objetivo de analizar la política pública que permitió impulsar el desarrollo de radares en nuestro país, y el rol de los diversos

actores participantes en el desarrollo de radares en Argentina. Asimismo estas herramientas se usan para analizar, en capítulos posteriores, cuáles fueron los intereses particulares que impulsaron a las partes intervinientes a iniciar esta actividad inédita en el país, así como también cuáles fueron las capacidades organizacionales al interior de la empresa INVAP necesarias para diseñar y fabricar radares en Argentina.



# Capítulo 3 Marco Teórico- Metodológico

Como se ha mencionado previamente, esta tesis tiene un doble objeto de estudio, el cambio en el enfoque de la política pública de radarización de Argentina a partir del año 2004, y el desarrollo y fabricación de radares secundarios y primarios en INVAP. El año 2004 significó un hito fundamental en la materia, puesto que desde las políticas públicas se decidió impulsar el desarrollo de radares nacionales y por ende se comienza a dejar de lado la compra de radares diseñados y construidos en el exterior. Esto, se torna un aspecto decisivo en cuanto a la radarización en Argentina, dado que, además de plantear las bases para generar un sistema integrado de vigilancia y control del espacio aéreo, también implicó que, aprovechando capacidades pre-existentes, se generaran otras nuevas, de forma tal de diseñar y fabricar un bien intensivo en conocimiento basado en una tecnología que pocos países en el mundo dominan.

Esta tesis se sitúa, como marco general, en el Constructivismo Social de la Tecnología (COST), particularmente en la perspectiva de Bijker y Pinch (2013 [1987]). Por ello se considera que la sociedad y la tecnología no constituyen dimensiones aisladas, sino, por el contrario, conforman un tejido sin costuras en el que las cuestiones sociales, tecnológicas, políticas, económicas y científicas, constituyen un todo unificado: la sociedad tiene un aspecto tecnológico y la tecnología uno social. Por ello, el COST se utiliza a fin de explicar cómo las interacciones que se generaron alrededor del diseño y desarrollo de radares, fueron causales

para su realización, y, al mismo tiempo dieron lugar al surgimiento y evolución de una política pública, a su vez catalizadora del proceso de diseño y desarrollo.

En este sentido, cabe tener en cuenta el concepto de co-creación entre tecnología y sociedad (Jasanoff, 2004), por el cual se considera que cada uno de estos focos de análisis constituye un aspecto necesario para comprender al otro. Y, adicionalmente se considera que la posibilidad del desarrollo de esta tecnología se vincula necesariamente a las trayectorias socio-técnicas (Thomas, 2013) de los principales actores involucrados, INVAP y la FAA. Este marco general se presenta en el apartado 3.1.

Más allá del enfoque del COST y, a fin de contar con herramientas específicas para el análisis, el caso se analiza a través de una triangulación teórica (Denzin, 1970) a partir de dos enfoques que permiten profundizar el aspecto referido a las políticas públicas y a la gestión de capacidades organizacionales, respectivamente. Por un lado, se analiza la política de radarización, entendida como una política pública. Para ello, se explica en qué medida los actores que intervinieron en la construcción del artefacto también generaron a nivel político acciones que permitieron establecer una cierta orientación que fue inicialmente plasmada en una legislación nacional, inicialmente el Decreto 1407/04 que crea el SINVICA, y posteriormente reforzada en otras muchas normas (particularmente ministeriales) en las cuales, las consideraciones referidas al desarrollo tecnológico autónomo, el aprovechamiento de capacidades existentes en el país, la generación de fuentes de trabajo calificadas y la posibilidad de exportar estos bienes intensivos en capital, reorientaron esta política pública. De esta forma, los artefactos a ser utilizados para fines de control del tráfico y del espacio aéreo, como el desarrollo en sí de éstos, fueron el foco de políticas públicas en Argentina, y que, por lo tanto, la política de radarización fue más allá de la radarización en sí misma.

Para realizar el análisis de la política pública de radarización se recurrirá al enfoque de las coaliciones de causa (ECC). El mismo permite analizar el rol de los diversos actores que han participado en la formulación, implementación y reformulación de una política pública, así como también el papel que los marcos perceptivos de los actores y el aprendizaje, particularmente proveniente de información técnica y científica, tienen en el ciclo de dicha política. Este enfoque ha venido aplicándose para el análisis de diversas políticas públicas en distintos lugares del mundo desde fines de la década de 1980 (Sabatier, 1987; Jenkins-Smith y

Sabatier, 1994; Sabatier y Weible, 2007; Weible, Sabatier y McQueen, 2009 y Weible y Nohrstedt, 2013). En el apartado 3.2 se presenta con más detalle este enfoque.

Adicionalmente, partiendo del análisis del desarrollo de los radares en tanto artefactos, se busca explicar los procesos que tuvieron lugar al interior de la empresa INVAP en la aplicación y generación de conocimientos y capacidades para su diseño y fabricación. Si bien, inicialmente se había pensado realizar el análisis de las capacidades y la trayectoria socio-técnicas de INVAP, al ir avanzando en la investigación se fue vislumbrando, con creciente claridad, que las mismas eran insuficientes para explicar el desarrollo de radares secundarios y primarios en Argentina. Por ello, las trayectorias socio-técnicas institucionales de INVAP y FAA, así como la utilización de capacidades que fueron desarrollándose a lo largo de estas, constituyen un factor fundamental en este análisis, puesto que el diseño y fabricación de radares es explicado por la aplicación de capacidades y conocimientos organizacionales preexistentes en INVAP, la recombinación de éstos, y su conjunción con otros residentes en FAA (a su vez también construidos a lo largo de su trayectoria). En el apartado 3.3 se presentan las herramientas para el análisis de las capacidades dinámicas organizacionales así como otros conceptos necesarios para dicho análisis.

Finalmente, *a-priori*, se supone la existencia de una influencia entre la evolución de la política pública de radarización y el desarrollo de los radares. Por ello, el desarrollo de éstos, la gestión de capacidades organizacionales, el desarrollo de una coalición de causa en torno a la política de radarización, y la política de radarización en sí misma, son considerados elementos que se fueron forjando en forma sincrónica y retroalimentándose mutuamente, es decir, fueron co-creándose. Por ello se considera que no se pueden explicar en forma aislada. El abordaje del caso a partir de las categorías incluidas en las teorías seleccionadas tiene el objetivo de dar cuenta de la complejidad *intra e inter* institucional que el diseño y fabricación de radares ha tenido en nuestro país, más allá de los desafíos tecnológicos implícitos en este desarrollo.

### **3.1 Constructivismo Social de la Tecnología**

El enfoque del Constructivismo Social de la Tecnología (COST) 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. De esta manera, según Bijker y Pinch (2013 [1987]), los artefactos tecnológicos son construidos e interpretados socialmente. Según estos autores, al identificar a los diversos grupos sociales relevantes que intervienen en el desarrollo de cierta tecnología, es posible describir los problemas que cada uno de ellos buscan resolver con el artefacto. Para cada problema, consecuentemente, pueden surgir distintas variantes del artefacto en sí. Sin embargo, este desarrollo no es direccionado hacia un artefacto ideal, preestablecido por los actores sociales, sino, por el contrario, cada actor dota de cierto significado al artefacto, el cual con el tiempo, y a través de desarrollos sucesivos, irá adquiriendo determinadas características y otras serán dejadas de lado.

Dentro del enfoque COST, Jasanoff (2004) hace referencia al concepto de co-construcción de artefactos y sociedad: los artefactos son constituidos socialmente y, a su vez, constitutivos de la sociedad. En otras palabras: el enfoque de COST va más allá de los determinismos, ya sean sociales o tecnológicos, y reconocen la influencia mutua entre tecnología y sociedad. Es bajo este enfoque que en esta tesis se plantea que la política de radarización y el desarrollo de radares fue un proceso de co-construcción sincrónica, por el cual el artefacto radar no se explica sin un marco de política pública, y viceversa.

Adicionalmente, en esta tesis se recurre al concepto de trayectoria socio-técnica (Thomas, 2013) el cual hace referencia a un proceso que, a lo largo del tiempo (es decir, en forma diacrónica) da lugar a diversos tipos de capacidades, productos, procesos productivos, estrategias, racionalidades y políticas en una organización. Este concepto, siguiendo al autor, permite “ordenar relaciones causales entre elementos heterogéneos en secuencias temporales” (Thomas, 2013: 249). Por ello es que permite explicar cómo la acumulación de capacidades en INVAP y la FAA es un proceso que forma parte necesaria en las trayectorias organizacionales, y por ello es utilizado a lo largo de la tesis, particularmente en los capítulos 5 “Historia de la radarización en Argentina”, 6 “Historia y trayectoria socio-técnica de INVAP”, 7 “Desarrollo nacional de radares”.

## 3.2 El enfoque de coaliciones de causa para el análisis de Políticas Públicas

En el ECC<sup>15</sup> el análisis se inicia con la definición de un problema de política pública, y no de una política en sí misma. Luego se examinan las estrategias que los diversos actores relevantes, ya sea que pertenezcan al sector público, al privado o a Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), han empleado a fin de lidiar con dicho problema en forma consistente con sus objetivos. El ECC reconoce que tanto la información técnica como la científica se vuelven un aspecto central en el proceso de las políticas públicas, al considerarse que existen procesos de aprendizaje llevados a cabo por los diversos actores, que implican la posibilidad de mejorar paulatinamente el impacto de las mismas (Sabatier y Weible, 2007; Sabatier, 1987).

El ECC parte de cuatro premisas: el aspecto temporal, el subsistema como unidad de análisis, la existencia de actores al interior de un subsistema y el sistema de creencias de cada uno de los actores. Así, en lo que respecta al aspecto temporal, el período de análisis debe ser de al menos una década, puesto que se considera que en este período puede completarse el ciclo formulación-implementación-reformulación. Asimismo, se espera que las creencias de los participantes de una coalición no cambien sustancialmente en este lapso de tiempo (Jenkins-Smith y Sabatier, 1994).

Por su parte, la existencia de un subsistema implica que el mismo está inmerso en el sistema político, es decir la política en general. En tanto que éste último hace referencia al sistema político de un país determinado, el primero refiere el conjunto de actores vinculados a un problema que busca resolverse a través de una política pública, o bien que tienen algún interés en él y por lo tanto buscan influir en la decisión política que al respecto se tome. De aquí, que en este enfoque el análisis no se basa en agencias o departamentos gubernamentales en sí, sino en el subsistema de política pública, el cual se considera compuesto por diversos actores que pueden ser tanto legisladores, agencias oficiales (de todos los niveles de gobierno),

---

<sup>15</sup> Este marco conocido como *Advocacy Coalitions Framework* (ACF, por su sigla en inglés), ha sido traducido al castellano también como “enfoque de coaliciones de abogacía”, “coaliciones de actores militantes” o “coaliciones promotoras” (Gómez Lee, 2012). En esta tesis se adopta la traducción “enfoque de coaliciones de causa” al cual se hará referencia por la sigla ECC.

grupos de interés, como también periodistas e investigadores interesados en la temática. El ECC sostiene que cada uno de estos actores mantiene ciertas creencias que buscará sean incorporadas en la política pública en cuestión (Jenkins-Smith y Sabatier, 1994).

Asimismo, el ECC reconoce que cada uno de estos cuerpos de creencias actúa como filtros perceptuales (por los cuales, se interpreta y se interactúa con el mundo), asunciones sobre causas y efectos, y teorías implícitas acerca de cómo lograr objetivos (Jenkins-Smith y Sabatier, 1994; Sabatier, 1993) en cada uno de los actores. Por lo tanto estas creencias, que suelen ser muy difíciles de modificar, se plasman a su vez en las políticas públicas, y de allí se deriva la dificultad de modificar ciertas características de las políticas (Sabatier y Weible, 2007). Esto constituye un aspecto central del enfoque de coaliciones de causa, por considerarse que los cambios que a lo largo del tiempo se van dando en las creencias de los actores, pueden ser utilizados para explicar los cambios en las políticas públicas.

Al analizar las creencias se distinguen tres niveles: las creencias centrales profundas, vinculadas a cuestiones de índole filosófica, como por ejemplo supuestos sobre la naturaleza humana; las creencias centrales de la política pública (*policy*), referidas a las creencias centrales profundas que han sido plasmadas en políticas públicas; y las creencias secundarias, que son aquellas de alcance más acotado, menos generalizadas dentro del subsistema y por lo tanto más sencillas de modificar, como por ejemplo las guías de aplicación presupuestaria de una política determinada (Sabatier y Weible, 2007).

Puesto que existen aspectos que son centrales y otros que son secundarios, respecto de los sistemas de creencias de los actores y de los programas de acción gubernamental, la medida en que la política pública incorpora los valores de alguna coalición, da cuenta del poder relativo de dicha coalición en el establecimiento de la política pública. Además, según los postulados de este enfoque, los aspectos centrales de un programa de acción gubernamental tenderán a mantenerse estables en períodos de 10 o más años, a diferencia de lo que puede ocurrir con aspectos secundarios de esa misma política. Sin embargo, también cabe esperarse que a lo largo del tiempo vayan dándose cambios tanto en aspectos centrales como secundarios de la política (Sabatier y Weible, 2007; Jenkins-Smith y Sabatier, 1994; Sabatier, 1987).

### **3.2.1 Las coaliciones de causa**

Puesto que el análisis de las políticas públicas es a largo plazo, dentro del estudio de un subsistema el foco de análisis pasa de los actores individuales (ya sean políticos, burócratas, grupos interesados, e intelectuales, tanto del ámbito público como privado) a agrupamientos de ellos, las ‘coaliciones de causa’. En este sentido, los actores pertenecientes a una coalición de causa, que comparten ciertas creencias normativas y causales, tienen algún tipo de preocupación respecto de la temática, buscan realizar sus objetivos individuales por medio de la política pública que resuelva el tema en cuestión, y tienen un nivel de coordinación interno sostenido a lo largo del tiempo (Sabatier, 1987).

La conformación de las coaliciones de causa, se da en la medida en que los diversos actores interesados en una política en particular, y que mantienen creencias centrales profundas similares a las de otros actores, tienden a agruparse a fin de, por medio de la política pública en cuestión, lograr objetivos individuales que o son semejantes, o bien compatibles entre sí (Sabatier y Weible, 2007).

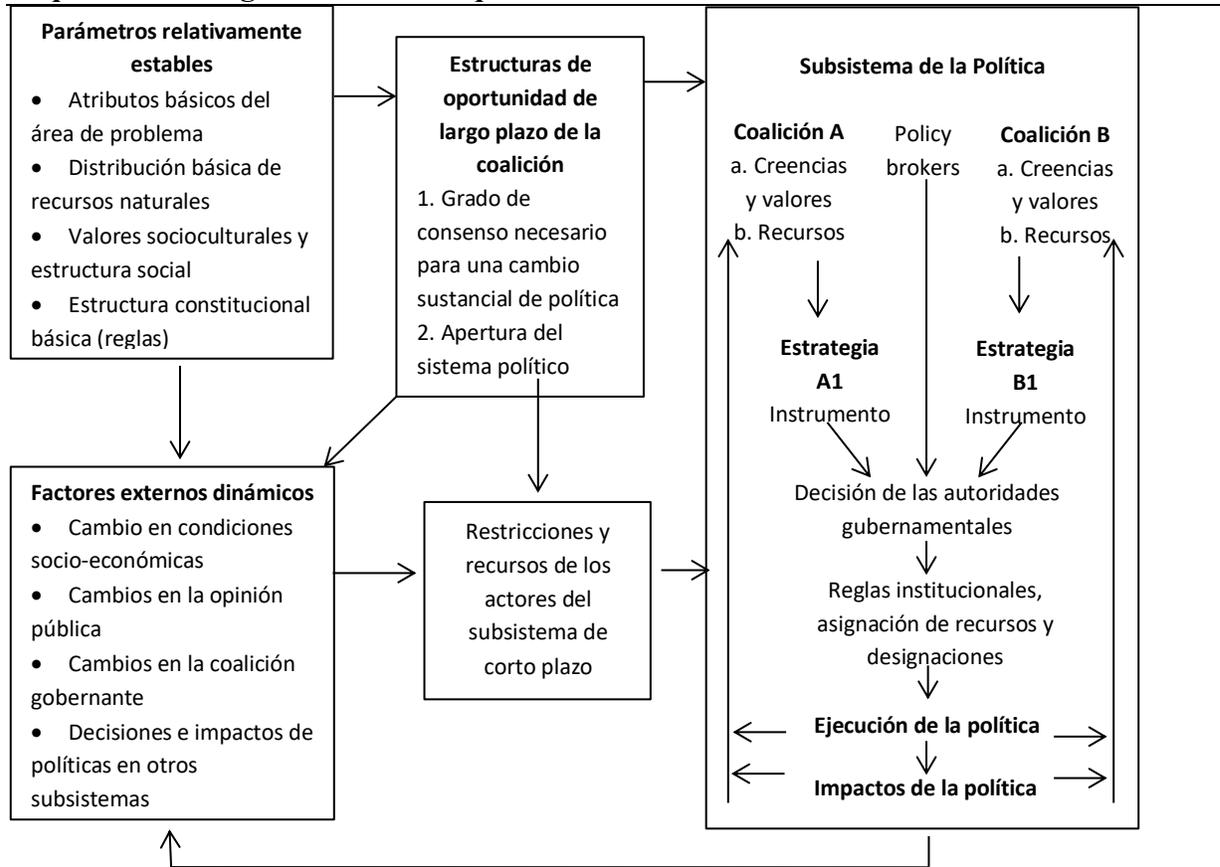
### **3.2.2 Aprendizaje y políticas públicas**

El concepto de aprendizaje orientado a la política hace referencia a “modificaciones de pensamiento o intenciones de comportamiento relativamente durables, que resultan de la experiencia y/o de nueva información y que están relacionados con el logro o la revisión de los objetivos de la política pública” (Sabatier y Weible, 2007: 198). El enfoque supone que este aprendizaje tiene un carácter instrumental (puesto que permite a las coaliciones tener una mejor comprensión del problema en sí, de su estado y de los factores que lo afectan) y por ello los actores que pertenecen a diversas coaliciones buscan este conocimiento a fin de promover y sustentar sus objetivos implícitos en la política (Jenkins-Smith y Sabatier, 1994).

Sin embargo, el impacto efectivo que tenga el aprendizaje orientado a la política, dependerá del nivel de creencias que se vea alcanzado por la nueva información disponible: los valores centrales básicos y los valores centrales de las políticas serán menos propensos al cambio sustentado en la disponibilidad de nueva información. En cambio, hipotetizan Sabatier

y Weible (2007), las creencias secundarias -por su propia naturaleza- serán más propensas a modificarse basadas en nueva información disponible.

### Esquema 1 – Diagrama de la enfoque de las coaliciones de causa



Fuente: Sabatier y Weible (2007)

Este aspecto implica, por lo tanto, el reconocimiento de la existencia de un aprendizaje que se va dando en primer lugar en cada actor, para luego pasar no solamente al interior de una coalición a lo largo del tiempo, sino que al interior del subsistema en su conjunto. De esta manera, el aprendizaje se va integrando a la política pública a través de las sucesivas revisiones que la misma va teniendo: “los sistemas de creencias y las preferencias cambian gradualmente a lo largo del tiempo en la medida en que los individuos son persuadidos a aceptar los argumentos de otros, o acumulan información por medio de la experiencia. Los sistemas de creencias están sujetos al cambio incremental, y las alternativas de política, que reflejan los sistemas de creencias, están sujetas al cambio incremental también” (Schlager, 1993: 244).

El producto de la dinámica entre coaliciones es la legislación, y sus cambios a través del tiempo, con los que se busca dar solución a la problemática identificada y que genera acciones de nivel operativo que, a su vez, son influenciadas por una serie de factores (que intervienen en lo que se conoce como fase de implementación en el marco del ciclo de políticas públicas), y que resultan en diversos tipos de impactos, tanto sobre la problemática en sí, como en cuestiones colaterales (Sabatier, 1987).

A partir del año 2004 el control del tráfico aéreo y la vigilancia y control del espacio aéreo constituyeron una política en la cual confluyeron las necesidades operativas de la FAA (como autoridad a cargo tanto del control del espacio aéreo, así como también del tráfico aéreo) con las de diversificación de la cartera de negocios de INVAP, que permitieron la conformación de una coalición de causa. Esta coalición de causa logró que se diera un incremento sustancial en el impacto de la política de radarización del país, al lograr plasmar en el Decreto 1407/04 la posibilidad del desarrollo nacional de radares. De ese modo, luego de más de 50 años de compras de tecnología a empresas extranjeras, se pasó a un esquema en el cual el desarrollo nacional de tecnología radar fue incorporado como un aspecto propio de esta política.

El ECC permite contar con herramientas teórico-metodológicas adecuadas a fin de analizar los cambios que se generaron en las creencias centrales de los radaristas de la FAA que impulsaron un cambio en la política pública de radarización, y cómo posteriormente se constituyó una coalición de causa entre FAA e INVAP en el marco de dicha política. De esta manera, una política anteriormente enfocada hacia el control del tráfico y espacio aéreo, pasó a tener una nueva dimensión, constituyéndose en una política tecnológica, en la que el aprovechamiento de la capacidad de compras del Estado, se convirtió en medio a fin de aumentar la autonomía tecnológica del país y sentar las bases para posteriores desarrollos conexos como, por ejemplo, el Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME). Por ello, en esta tesis, el cambio de las creencias, al interior de la FAA respecto de la posibilidad de producir radares en Argentina se vuelve central en el análisis y por ello se enfatizará, particularmente en el Capítulo 5, sobre la historia de la radarización en Argentina y, posteriormente en el Capítulo 7 “Desarrollo nacional de radares”. Con este enfoque se busca responder al primer objetivo general de la tesis: “Explicar cómo fue posible que la

Argentina pasara de ser un país comprador de tecnología radar a dominar dicha tecnología a fin de diseñar y fabricar radares secundarios y primarios”.

### **3.3 La visión evolucionista de las firmas y las capacidades dinámicas**

En la teoría económica “tradicional” las firmas (empresas) son entendidas como agentes económicos que buscan maximizar sus ganancias. Para ello deben tomar decisiones a partir de información “perfecta” que se encuentra fácilmente disponible para todos los actores, y por lo tanto se presupone, como menciona Nelson (1991a), que aquello que se debe hacer es, en definitiva, algo obvio. Esta visión neoclásica de la firma, implica que no existe la incertidumbre y por lo tanto que no deberían existir mayores diferencias entre las estrategias seguidas por diferentes empresas, sus respectivas estructuras y su acceso a la tecnología. En este enfoque, la gestión de organizaciones no tendría ninguna razón de ser, puesto que implícitamente se niega la posibilidad de diferencias en la eficiencia de las distintas organizaciones.

En cambio, la literatura de la economía evolucionista se plantea la cuestión del cambio tecnológico y sus consecuencias en el corto y largo plazo, particularmente en tres campos donde encuentran deficiencias en el análisis neoclásico: el rol que juegan las instituciones, la naturaleza del cambio tecnológico y las características y comportamientos de las firmas. Este enfoque, al centrarse en la empresa como principal promotor del cambio tecnológico, tiene por lo tanto, puntos de encuentro con la literatura sobre administración, y de allí la posibilidad de que ambos enfoques se complementen y enriquezcan mutuamente, tal como ha sido señalado por Nelson (1991a).

En el marco de la economía evolucionista y del cambio técnico, desde hace unos años ha surgido el enfoque de las capacidades dinámicas. Las mismas son entendidas por Nelson (1991a, 1991b) como conducentes al establecimiento de las competencias centrales<sup>16</sup> (*core competences*) en las organizaciones. En este sentido la literatura sobre capacidades dinámicas postula que a lo largo de su trayectoria las firmas innovadoras van desarrollando, junto con su estrategia y estructura, rutinas organizativas que constituyen una jerarquía que abarca tanto a

---

<sup>16</sup> El concepto de competencias centrales puede verse con profundidad en Prahalad y Hamel (1990).

aquellas desarrolladas por los niveles operativos, y su coordinación, así como también los procesos decisorios de los niveles directivos de la organización.

Estas capacidades dinámicas, son los aspectos que permiten que las organizaciones sobrevivan y se desarrollen en entornos dinámicos, caracterizados por la existencia de avance tecnológico, por medio del desarrollo de productos y/o procesos innovadores. Puesto que el carácter dinámico del entorno es decisivo para que la organización logre desarrollar la capacidad de adaptación y supervivencia al medio, es que estas capacidades se han dado en llamar dinámicas (Nelson 1991a, Nelson 1991b; Teece, Pisano y Shuen, 1997; Teece y Pisano, 1998; Eisenhardt y Martin, 2000).

En este enfoque, se reconoce que las capacidades dinámicas se basan en tres componentes. (i) Procesos, tales como aquellos vinculados a aprendizaje, coordinación y reconfiguración organizacional; (ii) Posiciones de activos (*asset positions*), vinculados a activos tecnológicos, financieros, que favorecen o limitan la capacidad de cambios estratégicos (puesto que al tener que financiarse externamente parte del control de los posibles cursos de acciones es transferido a acreedores que serán menos propensos al riesgo), la reputación de la firma, activos estructurales tales como los vínculos interpersonales intra e inter-organizacionales, y los “activos institucionales”, tales como las políticas públicas e instituciones que regulan la actividad; y (iii) Las trayectorias (*path*), noción que hace referencia a que lo hecho en el pasado es relevante en la actualidad, pues sienta las bases de lo que puede hacerse en el futuro, de forma tal que la posición que tiene en un momento dado una organización es consecuencia de su trayectoria a través del tiempo. Pero complementariamente, “a dónde la firma puede ir es consecuencia de su posición actual y de las caminos [alternativos] que tiene por delante” (Teece, Pisano y Shuen, 1997: 522), es decir no existen infinitos grados de libertad en las decisiones estratégicas referidas al desarrollo de nuevos procesos o productos<sup>17</sup> (Teece, Pisano y Shuen, 1997; Teece y Pisano, 1998).

De esta forma, según estos autores, las capacidades dinámicas de la firma facilitan la creación de nuevos productos y procesos productivos favoreciendo la adaptación a los

---

<sup>17</sup> Nótese que este concepto es incluido en el de trayectoria socio-técnica de Thomas (2013), mencionado en el apartado 3.1 “Constructivismo Social de la Tecnología”.

cambios en el mercado, de forma tal que las rutinas organizacionales que permiten llevar adelante estos desarrollos se van moldeando a lo largo de las trayectorias (en perspectiva histórica) y, a su vez, son conformados por las posiciones de activos. De cara al futuro, estos mismos procesos, posiciones y trayectorias pasadas, condicionan (o facilitan) consecuentemente las trayectorias posibles a ser transitadas (Teece, Pisano y Shuen, 1997; Teece y Pisano, 1998).

Un aporte adicional al análisis de las capacidades dinámicas es el realizado por Eisenhardt y Martin (2000), quienes sostienen que éstas son condiciones necesarias pero no suficientes para lograr ventajas competitivas, y que su valor no está en las capacidades dinámicas en sí, sino en la configuración de los recursos que ellas generan. Según estos autores, el establecimiento, evolución y mejora de las capacidades dinámicas se ve reforzada por rutinas repetitivas (puesto que la práctica reiterada permite a la gente una mejor comprensión de procesos, lo que a su vez lleva a mejorarlos), la codificación de la experiencia (lo cual facilita su replicabilidad) y los pequeños errores que facilitan los procesos de aprendizaje (a diferencia de los aciertos y grandes errores que no suelen conllevar al aprendizaje: los primeros por no atraer la atención en los detalles, y los segundos por generar rutinas defensivas que bloquean el aprendizaje en las personas involucradas).

**Tabla 1 - Ejemplos de capacidades dinámicas**

Tipo de capacidades dinámicas	Ejemplo
de integración de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Toma de decisiones estratégicas</b> en las que los decisores mancomunan sus experiencias, conocimientos y habilidades.</li> </ul>
de reconfiguración de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Procesos de transferencia</b> utilizados para copiar, transferir y recombinar recursos, particularmente basados en conocimiento.</li> <li>• <b>Rutinas de asignación de recursos</b> particularmente aquellos escasos y caros (ej. bienes de capital)</li> </ul>
de adquisición y liberación de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rutinas de creación de conocimiento</b></li> <li>• <b>Rutinas relacionadas con alianzas y adquisiciones</b></li> <li>• <b>Rutinas de abandono de combinaciones de recursos</b> que dejan de ser útiles.</li> </ul>

**Fuente:** elaboración propia en base a Eisenhardt y Martin (2000)

Las nociones de capacidades dinámicas, trayectorias (complementado con el concepto de trayectoria socio-técnica) y posición de activos, propias del enfoque evolucionista de las

firmas, se utiliza a fin de abordar el segundo objetivo general de esta tesis “analizar el desarrollo y producción de radares secundarios y primarios en INVAP”. Por ello a este enfoque se recurre en los capítulos 5 “Historia de la radarización en Argentina”, 6 “Historia y trayectoria socio-técnica de INVAP”, y 7 “Desarrollo nacional de radares”.

### **3.4 El uso del marco teórico en el análisis del caso**

En este capítulo se ha presentado el marco teórico por medio del cual se analizará el caso de estudio. Cabe indicarse, a modo de síntesis, que el marco general estará dado por una visión que, basada en COST, considera la co-creación entre tecnología y sociedad. Este enfoque brindará el fundamento teórico por el cual se considera que el desarrollo de un cambio radical en la orientación de la política pública de radarización y el diseño y desarrollo nacional de radares, no son hechos aislados, sino, por el contrario, interrelacionados y, en definitiva co-creados. Más allá del COST, y con el objetivo de complementar el análisis a fin de explicar la co-creación entre sociedad y tecnología, se recurre al ECC y al análisis de capacidades dinámicas de la visión evolucionista de las firmas.

En el Capítulo 4 se presenta una síntesis de la historia del desarrollo de radares en el mundo, y en este caso el foco del análisis es la influencia social que ha tenido el desarrollo inicial de la tecnología radar. Posteriormente en el Capítulo 5, sobre la radarización en Argentina hasta el año 2004, se realiza un análisis de la trayectoria de la FAA en tanto institución usuaria de radares para fines de defensa y civiles en Argentina, enfatizándose desde la perspectiva evolucionista la acumulación de capacidades en su trayectoria.

Luego, en el Capítulo 6, siguiendo con el análisis en perspectiva evolucionista complementado con el enfoque COST, se presenta la trayectoria socio-técnica de INVAP y, en base a fuentes secundarias, se discuten algunas capacidades dinámicas identificadas por otros autores, se describen y analizan otras surgidas del estudio del caso, y se acuña e introduce el concepto de meta-capacidades. Adicionalmente se presenta, en forma estilizada, la historia de los primeros desarrollos de tecnología radar en INVAP, vinculada al desarrollo de los satélites SAO-COM. El capítulo finaliza con un recuento de las capacidades dinámicas y meta-capacidades que poseía la empresa para al momento de iniciar el diseño y fabricación de radares secundarios. El Capítulo 7, se focaliza en el caso del desarrollo de radares secundarios

y primarios en INVAP. En este caso el análisis se basará en las capacidades dinámicas y el enfoque de las coaliciones de causa.

# Capítulo 4      Perspectiva histórica del desarrollo de radares

## 4.1 Introducción

Los radares son una tecnología utilizada para la detección de objetos por medio de ondas de radio y que, además, permite obtener información relevante sobre ellos, en principio: dirección, distancia y altura. Esta tecnología posee la característica de haber sido desarrollados en forma simultánea y en distintos países. Por ello, el nombre dado a estos dispositivos variaba según las épocas, países, e incluso, dentro de un mismo país, entre los distintos laboratorios que trabajaban en ellos. Sin embargo, durante la IIGM fue generalizándose para referirse a estos dispositivos la palabra radar, derivada del acrónimo de *Radio Detection And Ranging* (RaDAR), que emergiera en el contexto de la armada de Estados Unidos hacia 1940 y fuera adoptada por los ingleses en el transcurso de 1943. Antes de la generalización de esta denominación otros nombres fueron utilizados: RDF en el Reino Unido, por “*radio direction finding*”; RPF, por “*radio position finding*” en el *Signal Corps* del ejército de EEUU; “*derax*” en el *Air Corps* del ejército de EEUU; “*doover*” para los Australianos; o “*Kenshutsu-ki*” (detector) para los japoneses. (Brown, 1999; Goebel, 2013).

La historia del desarrollo de los radares presenta algunas particularidades que desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología es interesante señalar. En primer lugar, desde sus inicios las investigaciones y trabajos de ingeniería se llevaron a cabo tanto en universidades, como en laboratorios de investigación públicos y también privados. En la medida que estos grupos se iban consolidando, 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 para usos tanto 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 encuentran los tubos de rayos catódicos, las emisiones de ondas de radio de alta frecuencia (que eran impulsadas por empresas para las incipientes industria de la radio y sobre todo 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, por su utilización en conflictos bélicos pero también en sus aplicaciones fuera de éstos, como ha sido el caso del desarrollo de la aviación moderna, que es altamente dependiente de estos dispositivos<sup>18</sup>.

En tercer lugar, el desarrollo de radares ilustra la hipótesis schumpeteriana de los procesos de “creación destructiva”. Esto se evidencia 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*) (Brown, 1999; James, 1989; Tomlin, 1988).

Por otro lado, ha sido señalado por Süsskind (1994) como 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

---

<sup>18</sup> 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.

componentes y sobre dispositivos similares, aunque, el carácter secreto de las investigaciones fue intensificándose hacia mediados del Siglo XX en diversos países.

En quinto y último lugar, el desarrollo de los radares, y de aquellos de microondas en particular, no siguió la aproximación del modelo lineal de innovación: de hecho, se basó en 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. De hecho, gracias a la prueba y error es que Randall y Boot desarrollaron el magnetrón de cavidades, dispositivo que revolucionaría los radares al facilitar la generación de microondas<sup>19</sup>.

Este capítulo tiene por fin presentar los primeros desarrollos de los radares en el mundo y, a partir del análisis conjunto de su desarrollo en diversos países hasta aproximadamente la finalización de la IIGM, mostrar cómo estos artefactos y las sociedades donde se desarrollaron fueron objeto de co-creación. Para esto, el foco se pone en las diferencias perceptuales que afectaron el impulso inicial dado al desarrollo del radar en diversos países, y cómo el desarrollo tecnológico afectó, a su vez, el apoyo gubernamental y la utilización práctica que de ellos se hizo. Avanzada la contienda y habiéndose hecho uso del radar, el aprendizaje realizado en cada uno de estos países, junto con el cambio en su situación respecto su posición en la contienda (ofensiva o defensiva), generaron, a su vez, un cambio en los estrategas y decisores, en cuanto al rol que el radar podía tener en el marco del conflicto bélico.

El capítulo comienza haciendo una breve síntesis del descubrimiento y aplicaciones de las ondas de radio, para luego abordar los primeros desarrollos del radar. Sin embargo, antes

---

<sup>19</sup> El detalle de este desarrollo y sus implicaciones será tratado en la sección 4.3.5.1.

se repasan brevemente otros desarrollos tecnológicos que fueron necesarios para que pudiera inventarse el radar. Luego, y teniendo en cuenta que la tecnología radar -tal como se mencionaba anteriormente- fue un desarrollo simultáneo en diversos países, se presenta brevemente cómo fue su desarrollo en los cinco mayores países beligerantes de la IIGM (Alemania, Estados Unidos, Japón, la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y, particularmente, el Reino Unido) analizándose desde la perspectiva COST, principalmente a partir del concepto de co-creación.

## **4.2 Los orígenes del radar**

### **4.2.1 Electricidad, magnetismo y ondas de radio**

Si bien se conocía desde la antigüedad la existencia de imanes, durante miles de años fueron objeto de todo tipo de elucubraciones por parte de personas con genuino interés en comprender sus propiedades y causas. En la antigüedad también era conocido el ámbar, que luego de ser frotado, tenía propiedades similares a los imanes. Esta particularidad del ámbar, generó que en el siglo XVII el filósofo natural inglés William Gilbert llamara “eléctrica” a la fuerza por la cual el ámbar frotado atraía hacia sí otros objetos metálicos. Mucho tiempo pasaría hasta que el fenómeno del magnetismo fuera relacionado con la electricidad. Recién en el siglo XVIII se descubre la influencia electrostática en ciertos objetos de manera tal que el desarrollo del capacitor permitió el desarrollo de los primeros generadores basados en dicha electrostática y su demostración en las cortes europeas (Brown, 1999).

Hacia 1819, el profesor Hans Christian Oersted de la universidad de Copenhague, descubrió que la corriente de una célula química podía desviar el rumbo marcado por la aguja de una brújula, probándose de esta manera que efectivamente el magnetismo y la electricidad eran fenómenos relacionados. Posteriormente, el británico Michael Faraday descubre la inducción magnética de las corrientes eléctricas (James, 1989; Brown, 1999).

En el año 1822, James Clerk Maxwell, profesor del *King's College*, y padre de la teoría del electromagnetismo, predijo que los campos electromagnéticos podrían ser propagados en el aire en la forma de una onda viajando a la velocidad de la luz. Sin embargo, no sería hasta 1887, que Heinrich Hertz, en Karlsruhe, Alemania, pudiera producir ondas de decímetros a

metros de longitud, y demostrara los efectos de reflejo, refracción y polarización, y, al medir la velocidad de estas ondas, demostrara la predicción de Maxwell. Estas ondas, llamadas originalmente *wireless*, dado que viajaban en el aire sin necesidad de cables, con el tiempo cambiaron su nombre por el que es actualmente utilizado: “ondas de radio” (*radio waves*). A raíz de los aportes hechos por Hertz, es que la unidad de medida de la longitud de las ondas de radio lleva por nombre su apellido (James, 1989; Brown, 1999).

Hacia fines del siglo XIX la base de conocimientos sobre la que se desarrollarían los radares ya estaban establecidas. La posibilidad de utilizar 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).

#### **4.2.2 Antecedentes y primeros desarrollos de radares**

El científico ruso Aleksandr Stepánovich Popov, en 1897, fue el primer investigador que documentó la posibilidad de detectar objetos por medio de ondas de radio, durante experimentos que realizó con emisores y receptores de radio en el mar Báltico. Sin embargo, la primera patente relacionada con la aplicación de las ondas de radio para detectar objetos es de 1904 y fue presentada por el alemán Christian Hülsmeier, quien además construyó el primer dispositivo de detección de objetos para barcos. Este dispositivo, bautizado “Telemobiloskop”, fue comercializado con bastante éxito en compañías navieras. También se puede incluir en la lista de precursores del radar al croata Nikola Tesla, al italiano Guglielmo Marconi -quien en 1922 también propone un dispositivo anti colisiones- y al inglés Robert Watson Watt, cuyo desarrollo de métodos para ubicar tormentas en la década de 1910 tendría aplicaciones directas en la II Guerra Mundial (Brown, 1999; Thumm, 2001; Chernyak e Immoreev, 2009).

Posteriormente, la investigación sobre la detección de objetos por medio de ondas de radio se iría replicando en diversos países del mundo<sup>20</sup>, dada la importante aplicación que podía tener tanto con fines comerciales, como en materia de defensa. Por esta dualidad de fines no es de extrañar que haya sido materia de investigación tanto en laboratorios de empresas privadas, como de universidades y laboratorios gubernamentales, habitualmente ligados a las investigaciones en defensa, donde participaban tanto científicos como ingenieros (Süsskind, 1994; Brown, 1999).

Süsskind (1994) llama la atención sobre el hecho de que en la literatura científica de las décadas de 1920 y 1930 se suceden publicaciones sobre los componentes que hacen al funcionamiento de los radares. Sin embargo, todos los desarrollos de radares de la época se caracterizan por mostrar un alto grado de hermetismo (más allá del secreto militar que pudiera existir en algunos casos) así como también (como causa y consecuencia de lo anterior) al ser desarrollos al interior de laboratorios en forma aislada, los diversos grupos de investigación se percibían a sí mismos como bastante por delante con respecto a otros grupos de los cuales, en la mayoría de los casos, desconocían sus avances.

### **4.2.3 Otros desarrollos tecnológicos que facilitaron la invención del radar**

Como se mencionaba previamente, la innovación tecnológica que constituyó el radar fue posible gracias a la combinación de ideas y tecnologías previamente desarrolladas. Según Page (1962) el radar se basa en la aplicación de cinco ideas preexistentes en un nuevo dispositivo: 1) la utilización de ondas electromagnéticas para detectar y localizar objetos distantes; 2) el envío de la radiación en pulsos de microsegundos seguidos por “silencios” varias veces más prolongados; 3) recepción y representación de pulsos reflejados por los objetos detectados en el mismo sitio desde el cual se emiten dichos pulsos; 4) medición de la distancia al objeto medida en términos del tiempo que tardan los pulsos en ir y ser reflejados

---

<sup>20</sup> En la década de 1930 Alemania, Estados Unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón, el Reino Unido y Rusia realizaron investigaciones y desarrollos sobre detección de objetos por ondas de radio (Brown, 1999; Kenny, 1960).

por dicho objeto; y, 5) que la dirección sea definida por la utilización de antenas de radio altamente direccionales.

Brown (1999) señala que con excepción de los equipos que trabajaron en Inglaterra, los desarrollos iniciales del radar, en general, se realizaron por medio de investigaciones para las cuales no había abundancia de recursos. De manera tal que los investigadores e ingenieros tuvieron que utilizar, en gran medida, componentes y dispositivos electrónicos disponibles para el público general y fácilmente obtenibles<sup>21</sup>.

Si bien todo el conocimiento desarrollado en torno a las ondas electromagnéticas fue clave, el radar también fue posible gracias a la disponibilidad de otras invenciones contemporáneas. Es por ello que no debe sorprender el hecho de que el desarrollo inicial de radares se basó en la utilización de componentes no desarrollados específicamente para usos militares tales como tubos de rayos catódicos, válvulas (tubos) multielectrodo, válvulas (tubos) de transmisión y el polietileno. De hecho varios de estos componentes estaban siendo desarrollados en pos de la televisión, invención contemporánea al radar.

## **4.3 Primeros desarrollos de radares en diversos países**

### **4.3.1 Alemania**

Alemania fue un país donde se realizaron muchas investigaciones en 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, está signado por las diferencias -y distancias- existentes entre la marina (*Kriegesmarine*) y la fuerza aérea (*Luftwaffe*), que harían que existieran desarrollos inconexos entre ambas armas, ocurriendo una importante duplicación de esfuerzos. A este escenario competitivo, se sumó la falta de apoyo a esta tecnología desde la cúpula del gobierno por parte de Hitler y Goebels. Cabe también mencionar que la participación de empresas privadas fue un rasgo característico de los desarrollos de radares en Alemania (Brown, 1999).

---

<sup>21</sup> Este tipo de componentes suelen ser descriptos por los ingenieros como “de estantería”.

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 desarrolló lo que sería el primer radar naval operativo. Hacia 1934, Hans-Karl R. von Willisen, investigador y uno de los fundadores de GEMA, logró 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 largas<sup>22</sup> (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) la falta de apoyo al desarrollo de radares en la Alemania nazi, por parte de sus máximas autoridades, fue también una cuestión perceptiva: el radar era considerado una tecnología ligada a la defensa, que no tenía cabida dentro de los planes triunfalistas, 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 fue prioritario a los ojos de quienes detentaban el poder político hasta que Alemania debió pasar a una posición defensiva. Todo ello pese a que se había logrado producir equipos, que según Beyerchen (1994: 268) tenían “mejor resolución, mejor capacidades, más robustos y de gran versatilidad” respecto a los equipos ingleses, por ejemplo, y que antes del inicio de la IIGM se hubiesen estudiado las microondas de forma sistemática con anterioridad a que los ingleses lo hicieran (véase el apartado 4.3.5.1)

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 el marco de una marcada competencia entre los principales actores fue un rasgo distintivo del desarrollo de

---

<sup>22</sup> 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).

radares en Alemania<sup>23</sup>. Pero Beyerchen, va más allá al señalar que si bien los radares eran avanzados -en términos técnicos- nunca se llegó a una implementación sistémica y sistemática de la información, como veremos que sí sucedió en el caso del Reino Unido, manteniéndose prácticas antiguas provistas de nuevas tecnologías: los radares servían como puesto de observación con carácter local, sin integrar la información en un único sistema o lugar, como en el caso del *filter room* (cuarto de filtrado) inglés, de forma tal que si bien la técnica era más avanzada no fue operacionalizada óptimamente (Beyerchen, 1994).

### 4.3.2 Estados Unidos

En los Estados Unidos, el desarrollo de radares se debió en gran parte a la interacción entre instituciones gubernamentales, las fuerzas armadas, empresas privadas y científicos. Respecto al sector militar, los principales impulsores del desarrollo de radares fueron el laboratorio de Investigación Naval (*Naval Research Laboratory*, NRL) y el Cuerpo de Señales (*Signal Corps*) 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. No fue hasta que EEUU ingresó en la IIGM que los ingenieros del NRL dejaron de trabajar de manera aislada respecto de colegas de otras instituciones<sup>24</sup> (Brown, 1999).

En diciembre de 1934, Taylor y Young, asignan a Robert Page la demostración de un sistema de detección de aviones por medio de un radar de ondas pulsadas. Este avance ponía a los EEUU por delante del Reino Unido respecto de la detección de aviones con ondas pulsadas, sin embargo, fueron los ingleses los primeros que reconocieron la importancia potencial de dicha técnica que permite medir la distancia al objeto detectado (Goebel, 2013). Hacia 1937, luego de una demostración del NRL, el entonces Air Corps (Cuerpo Aéreo del

---

<sup>23</sup> De hecho la *Kriegesmarine*, recién 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 ésta no tuviera acceso a los desarrollos que se hicieron en el seno de GEMA gracias a su financiamiento. Fue por esto que la *Luftwaffe* recurrió a los servicios de la empresa Lorenz, con experiencia en sistemas de navegación por ondas de radio.

<sup>24</sup> Cabe mencionarse que además de los investigadores del NRL, ingenieros de RCA y Bell *Laboratories* habían notado la aplicación de ondas de radio para detectar objetos

Ejército de Estados Unidos) expresa interés en equipos de alerta temprana. Como resultados de estas investigaciones, se desarrollaron equipos tanto móviles como fijos. Hacia 1940 Westinghouse había ya entregado unos 112 de estos.

Por otro lado, el *Signal Corps* también hacía sus avances, aunque no disponían de tanta libertad como el NRL. 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, permitía determinar dirección y distancia. Este hito valió la asignación de mayores partidas, y la participación de ingenieros de las empresas Westinghouse y Western Electric, empresa que posteriormente lograría el contrato de fabricación de estos radares (Brown, 1999).

Pese a sus comienzos tempranos, el desarrollo de radares en los EEUU antes del inicio de la IIGM fue caracterizado por llevar un ritmo pausado en el cual diversas organizaciones fueron desarrollando y adquiriendo capacidades y trabajando en forma aislada. Una vez comenzada la contienda, la tecnología desarrollada estaba por detrás de lo logrado por ingleses y alemanes en cuanto a su desempeño. Esto pudo deberse al hecho de que no se tenía un imperativo para la defensa, como en el caso del Reino Unido, ni tampoco un imperativo ofensivo como en el caso Alemán (Beyerchen, 1994), o a que no se había llegado a comprender cabalmente el alcance que dicha tecnología podía tener, y en consecuencia no era considerado imperativo apoyar su desarrollo (Goebel, 2013). En EEUU la percepción que se tenía del radar en esa época, lo describía como “una respuesta vaga a amenazas inciertas” (Allison, 1981, citado por Beyerchen, 1994), y por tanto no había sido objeto de financiamiento masivo.

Sin embargo, con la entrada de EEUU a la IIGM, el rol de éste país respecto a la contienda se modificó significativamente, y lo mismo sucedió respecto a la percepción sobre la utilidad que el radar podía tener, y por tanto respecto al apoyo concedido a su desarrollo. De esta manera, a partir de que EEUU pasó a ser un país beligerante, las capacidades acumuladas en las trayectorias de laboratorios de la marina y el ejército, así como las diversas universidades y empresas que habían trabajado hasta ese momento en tecnología radar se centraron en grandes centros de desarrollo tales como el *NRL*, el laboratorio del *Signal Corps*,

*Bell Laboratories*, y luego de la misión Tizard (véase el apartado 4.3.5.2) en el *RadLab* del 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 (véase el apartado 4.3.5.1).

### **4.3.3 Japón**

Hacia 1930 ya se realizaban en Japón experimentos en radares, pero los primeros desarrollos con aplicaciones prácticas tardarían aún varios años en llegar. Hacia 1936 el profesor Okabe –quien trabajaba bajo la tutela de Yagi- de la universidad de Osaka crea un dispositivo capaz de detectar el paso de un avión, con antena emisora y receptora separadas. Según Yagi, citado por Wilkinson (1946), la idea de detección por medio de ondas de radio continuas la tuvo luego de un viaje a Alemania en años previos a la I Guerra Mundial, donde se interesó en las señales de radio.

Al igual que en otros países, los primeros desarrollos se hicieron sobre emisión continua de ondas de radio (lo cual imposibilitaba medir la distancia al objeto) estableciéndose los primeros radares de este tipo para detección de aviones en el año 1941. Un año antes, en 1940, en Japón comienza a trabajarse en radares pulsados. A diferencia de otros países, Japón construyó su sistema de aviso temprano de incursiones aéreas combinando ambos tipos de equipos (pulsados y de onda continua). En 1942 Japón produce los primeros radares de ondas centimétricas (es decir micro-ondas) que solo estarían operativos hacia 1944 (Guarnieri, 2010; Wilkinson, 1946).

Si bien Yagi había patentado su antena, que sería utilizada en todo el mundo para dirigir la captación de señales de televisión y que además posibilitó el desarrollo de los radares para interceptación aérea (es decir, radares transportados en aviones) del Reino Unido, en Japón no se asignaron muchos recursos al desarrollo de radares antes del inicio de la IIGM. Al igual que en Alemania, la marina y el ejército desarrollaron esta tecnología en forma separada e inconexa, y, en tanto que la marina recurría a institutos de investigación propios, el ejército asignó la investigación a universidades y empresas privadas (Brown, 1999).

Hay dos hechos que son característicos del desarrollo de radares en Japón. En primer lugar que las personas que estuvieron involucradas en estas investigaciones no tenían, en general, contacto entre sí, recurriéndose habitualmente al trabajo de investigadores en forma individual, en vez de recurrir a grupos de investigación. Adicionalmente, a los investigadores civiles que iban realizando adelantos en la materia no se les permitía realizar trabajos de campo junto a los militares que probaban equipos, disminuyendo de esta manera la posibilidad de realizar ajustes, así como tampoco de mejorar sus dispositivos según las necesidades que, gracias a su criterio técnico, podrían haber detectado *in-situ* (Wilkinson, 1946).

Según Wilkinson (1946), en los primeros años de la guerra los altos mandos de la armada y el ejército poseían una visión exitista sobre el conflicto bélico, por la cual pensaban que siempre estarían en una posición ofensiva, visión similar a la de Alemania, según se ha visto. En este contexto, el radar era percibido como un dispositivo ligado a la defensa, posición en la que no previeron estar. Esto podría explicar, según este autor, el impulso limitado que dieron a estas investigaciones. También puede argumentarse que en las trayectorias de las organizaciones que desarrollaron radares, y como consecuencia tanto del trabajo aislado como del alejamiento de los tecnólogos respecto a las pruebas militares, las capacidades que se generaron fueron más limitadas de lo que pudieron haber sido. Por todo esto, cuando debieron pasar a una posición defensiva, y el alto mando vio la necesidad de dar impulso a las investigaciones en radares, según Brown (1999) ya era tarde para lograr ponerse a la altura de la tecnología que era utilizada por los Aliados, y, puede agregarse que la posibilidad de impulsar su desarrollo capitalizando las capacidades previamente desarrolladas, muy limitada por la misma dinámica de generación de las mismas.

#### **4.3.4 Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas**

La labor de lograr una visión relativamente unificada de la historia del desarrollo de radares en la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) es un tanto compleja. Posiblemente esta dificultad radica en parte en el hecho de que las actividades de CyT orientada a defensa que se daban al interior de la URSS se caracterizaron por la duplicación y

hasta triplicación de esfuerzos de investigación y desarrollo en diversos laboratorios<sup>25</sup> (Kostenko, *et al.*, 2001), dándose dos situaciones derivadas: por un lado que los diversos grupos de investigación tuvieran noticias del trabajo de los otros (Kostenko, *et al.*, 2001), pero también que hubiera pugnas entre los diversos grupos (Brown, 1999).

En la URSS, los primeros desarrollos de radares fueron realizados en paralelo por dos unidades militares: el Departamento Principal de Artillería del Comisariado de Defensa del Pueblo (PDA-PCD), donde se desarrollaban equipos para artillería anti-aérea; 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).

En cuanto a radares para la detección de aviones Piotr Oschepkov, del Instituto Ucrainiano de Física y Tecnología (UIPT) realizó los primeros experimentos de detección de aviones en julio y agosto de 1934 con resultados positivos (Chernyak e Immoreev, 2009). Kostenko *et al.* (2001) señalan que estos trabajos 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, y señala 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).

Pese a este promisorio inicio en la investigación y desarrollo del radar, según Brown (1999), los primeros avances no se concatenaron con un ritmo de desarrollo constante en el tiempo y por lo tanto el avance de la tecnología de radares, habría ido rezagándose respecto al desarrollo en otros países, de forma tal que los resultados que se habían obtenido hacia 1940, hacían que los radares soviéticos tuvieran un pobre desempeño. Esto motivó a que este país

---

<sup>25</sup> En realidad, como hemos visto, la duplicación de esfuerzos no debe ser vista como exclusiva de la URSS puesto que también se dio en el desarrollo de los radares en Alemania, los EEUU, y Japón, en todos los casos con cierta rivalidad (de distinta intensidad desde ya) entre los actores involucrados.

dependiera durante el resto de la IIGM de la ayuda que los EEUU y el Reino Unido brindaron en equipamiento (por medio del programa *lend-lease*). Los equipos adquiridos bajo este programa, fueron objeto de ingeniería inversa permitiendo, con el tiempo, a la Unión Soviética ponerse a la altura del estado del arte.

De esta manera, cabe afirmarse que las diversas trayectorias en pos del desarrollo del radar redundaron en la ya mencionada multiplicidad de esfuerzos. Asimismo, cabe mencionar respecto al estilo socio-técnico<sup>26</sup> del desarrollo de radares en la URSS, que el mismo puede caracterizarse como modelado particularmente gracias a algunos grandes impedimentos de carácter “soviético”, tal como 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<sup>27</sup> de científicos e ingenieros de primer nivel, tales como Piotr Oschepkov, que trabajaban en radares desde la década de 1930 (Brown, 1999; Kostenko, *et al.*, 2001), constituyen dos restricciones vinculadas a la percepción de los decisores: una relacionada al rol de la tecnología y la otra de carácter político-ideológico, vinculada a la cultura propia de la URSS. Adicionalmente, en julio de 1941, ante el avance de las tropas nazis, la mudanza del UIPT de Kharkov, Ucrania, hacia el este (Kostenko, *et al.*, 2001) implicó una dificultad adicional que impactó negativamente en el desarrollo de la tecnología radar soviética hasta el fin de la IIGM.

#### 4.3.5 El Reino Unido

Durante Junio de 1934 A. P. Rowe, empleado del Ministerio del Aire inglés, estudió la defensa aérea del Reino Unido y descubrió que -excepto en lo referente al desarrollo de aviones- nada se había hecho a fin de disminuir la amenaza que representaban los bombardeos. 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 Wimperis sugirió que el Ministerio del Aire formara una comisión para la investigación de nuevas tecnologías y

---

<sup>26</sup> El estilo socio-técnico hace referencia a una forma determinada de producir tecnología y construir su funcionamiento y utilidad. El mismo se constituye a partir de diversos elementos, entre los cuales intervienen la historia del país y la región, sistemas de premios y castigos, modelos de acumulación e ideologías. Véase (Thomas H. , 2013)

<sup>27</sup> Entre 1934 y 1939 se llevaron a cabo en la URSS una serie de persecuciones políticas contra miembros del partido comunista, oficiales de las fuerzas armadas y opositores al régimen. Como resultado de este proceso Stalin consolidó su poder tanto como cabeza del partido comunista como del estado soviético.

asesoramiento en medidas para la defensa aérea del Reino Unido, al cual se denominó “*Committee for Scientific Survey of Air Defense*” (CSSAD). En 1934 se crea el *CSSAD* que se haría conocido como el “comité Tizard”, por haber estado encabezado por Henry Tizard, químico graduado en Oxford y rector del *Imperial College of Science and Technology* (Brown, 1999; Goebel, 2013).

Una 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 a los enemigos. Esta tarea fue encargada a Robert Watson-Watt, quien junto con Arnold F. Wilkins calcularon cuánto podrían aumentar la temperatura de un piloto de avión si concentraban la temperatura de la más poderosa fuente de señales de radio disponible, en una persona. Watson-Watt y Wilkins 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, no se quedaron con dicha conclusión y -yendo un poco más allá de la pregunta- 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).

Siguiendo esta argumentación, hacia Junio de 1935 Watson-Watt y Wilkins demuestran en el “experimento de *Daventry*” la factibilidad técnica de su propuesta de determinar altitud, acimut<sup>28</sup> y distancia gracias a la utilización de ondas de radio pulsadas. El logro alcanzado por Watson-Watt y Wilkins en el experimento de *Daventry* era similar a los logros obtenidos en otros países, excepto por el significativo detalle de que al utilizar ondas de radio pulsadas, en vez de ondas continuas, estos investigadores pudieron determinar la distancia del objeto detectado<sup>29</sup> (Brown, 1999).

---

<sup>28</sup> La Real Academia Española define “acimut” como el ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.

<sup>29</sup> La determinación de la distancia fue lograda gracias a la técnica consistente en emitir pulsos de ondas de radio, en vez de ondas continuas, 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 (300.00 Km por segundo) da la distancia al objetivo. Si bien el tiempo es muy corto, podía ser medido con un osciloscopio (Brown, 1999; Goebel, 2013).

Luego del experimento de *Daventry*, a Watson-Watt se le encomienda la creación de un establecimiento de investigaciones de radar en Orfordnes, junto con Wilkins y Edward Bowen. Hacia Julio de 1935 podían detectar el vuelo de aviones mar adentro y se trabajaba para utilizar ondas de radio más cortas logrando pasar a ondas de 13m/23,1MHz en lugar de las de 26m/11,5MHz 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, dado que aún no se contaba con la capacidad de lograr ondas de una alta frecuencia y lo suficientemente potentes<sup>30</sup>.

Para comprender el énfasis que en el Reino Unido se le dio al desarrollo de radares, es necesario tener en cuenta que los desarrollos previos a la IIGM basaron su principal impulso más en consideraciones de tipo geopolítico-estratégicas, que en términos de desarrollo científico-tecnológico, dando ello por resultado un estilo socio-técnico particular, el cual el desarrollo de la tecnología radar se vio configurado a partir de la percepción de la necesidad de mantener una posición defensiva. En este sentido, Brown (1999) señala el hecho de que las evaluaciones opuestas realizadas por los ingleses y alemanes respecto del valor de la fuerza aérea, llevaron a cada país a suponer que el otro basaría la elección de sus cursos de acción según sus propios supuestos. Sin embargo, esto no sucedió así: el Reino Unido basó su estrategia de defensa en protegerse de los bombardeos estratégicos, pese a que Alemania no los estuviera planeando antes del inicio de la guerra<sup>31</sup>.

Esto trajo aparejado en el Reino Unido, una concepción del radar como un artefacto fundamental para pensar la defensa de la isla ante la amenaza en que se iba constituyendo, durante la década de 1930, la Alemania nazi. De esto se desprende el hecho señalado por Beyerchen (1994), según el cual los ingleses pueden atribuirse la autoría de una innovación clave, en términos de cómo operacionalizaron la información provista por los radares, lo cual

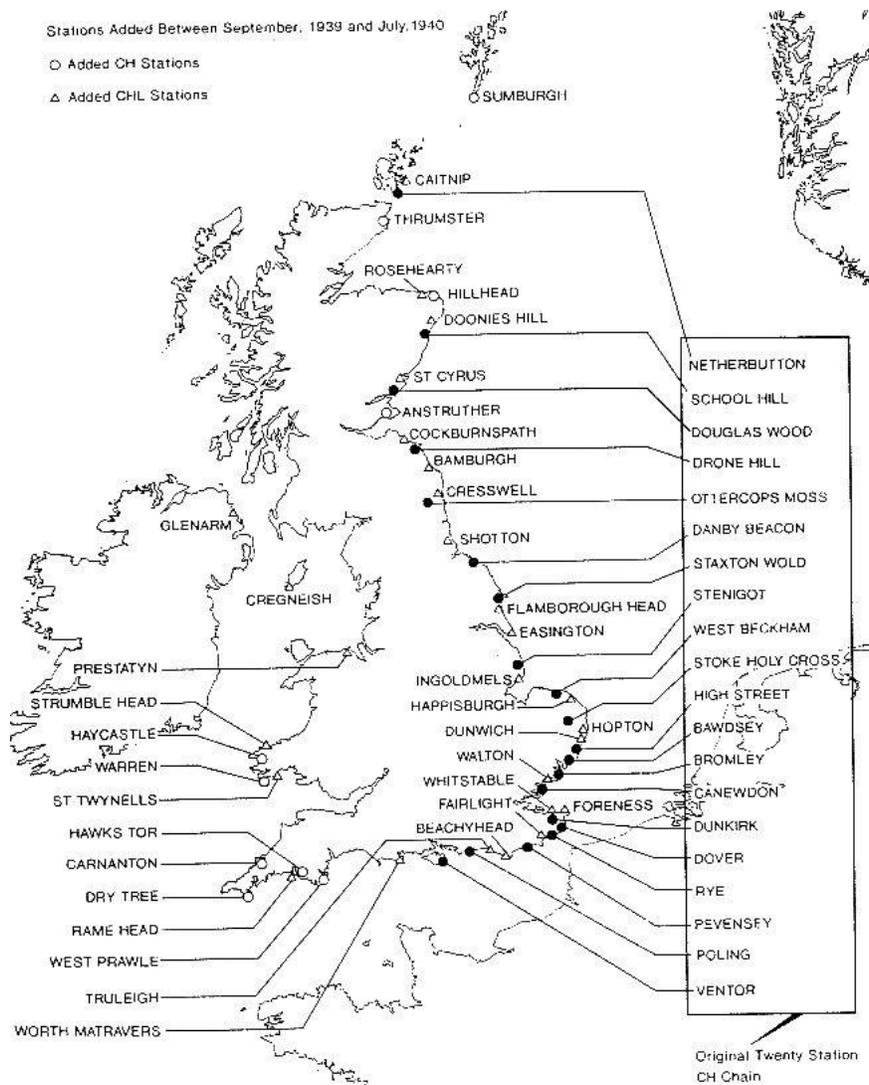
---

<sup>30</sup> El logro de microondas con suficiente potencia para que su reflejo fuera lo suficientemente 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 una válvula emisora de ondas ultra cortas y de alta potencia, era una contradicción en sí misma (Süsskind, 1994).

<sup>31</sup> La expresión “bombardeos estratégicos” es un eufemismo dado a los bombardeos de objetivos no militares, particularmente civiles.

los puso en una posición de ventaja frente a la utilización del radar con respecto a cualquier otro país hasta ese momento. Efectivamente, gracias a los avances producidos respecto de la detección de barcos y aeronaves por medio de ondas de radio, el Reino Unido decidió en 1937 erigir un sistema de defensa aéreo que se basaba en la creación de una “barrera” consistente en una serie de estaciones para la detección temprana de aeronaves y buques que se dirigieran hacia el Reino Unido. Este sistema se dio en llamar *Chain Home* (CH) y para la primavera de 1939 se hallaba en funcionamiento. Posteriormente fue complementado con *Chain Home Low* (CHL) para la detección de aviones volando a baja altura.

**Mapa 1 – Ubicación de las antenas de *Chain Home***

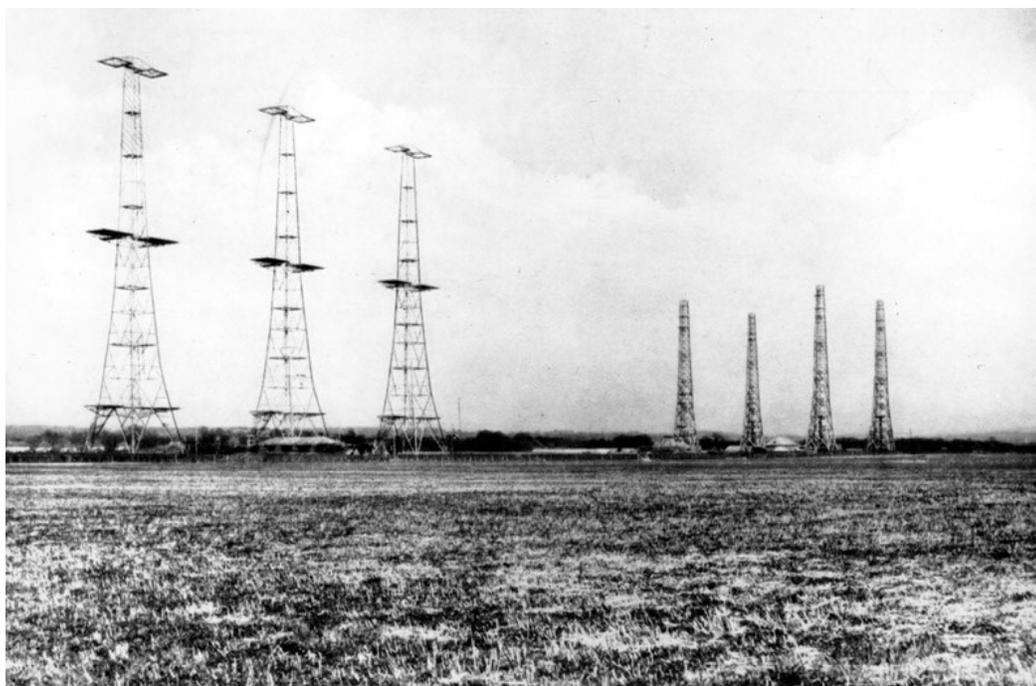


Fuente: Barrett (2016)

Pese a que los radares desarrollados y desplegados por el Reino Unido no fueran particularmente mejores que los de otros países -de hecho técnicamente estaban por detrás de los alemanes al inicio de la IIGM- tanto Beyerchen (1994) como Goebel (2013) señalan que lo que diferenció a los ingleses en lo que a operación de radares se refiere durante la guerra, fue la utilización que dieron a los datos provistos por estos: la información obtenida por las diversas estaciones de radares de CH era comunicada a un Centro de Comando Central, conocido como cuarto de filtrado (*filter room*), que coordinaba la lucha contra los escuadrones de aviones alemanes que ingresaban en su territorio.

### **Ilustración 1 - Antenas de *Chain Home***

---



---

Fuente: *RAF Museum* (2016)

---

Al llegar al cuarto de filtrado la información desde las estaciones de radar, un oficial asignaba a cada formación un número de batalla (*battle number*). 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 los movimientos y en base a ellos asignaba escuadrones para que salieran al encuentro de los intrusos.

Esta forma de organizar la defensa del RU, favoreció la victoria sobre Alemania en la llamada Batalla de Inglaterra.<sup>32</sup> Posteriormente la *Luftwaffe* cambió su estrategia y comenzó a atacar las ciudades por las noches, lo cual evidenció la necesidad de desarrollar sistemas de radar (*Gun-Laying* o GL) para la artillería antiaérea y las luces de búsqueda utilizadas por las noches, así como también la de dotar a los aviones de caza de radares (*Airborne Interception*, o AI) para poder ubicar a los aviones enemigos. Sin embargo, los radares aerotransportados desarrollados hasta el momento (AI mk I) no eran confiables y pronto se impuso la necesidad de desarrollar radares centimétricos (o de microondas) que sí lo fueran (Goebel, 2013).

**Cuadro 1 - Utilización de la información radar para guiar la interceptación<sup>33</sup> de aeronaves durante la IIGM y los años inmediatos posteriores.**

El radar, desde la perspectiva de la defensa, fue desarrollado a fin de tener una alerta temprana de la incursión de aeronaves enemigas que se pudieran aproximar a un área determinada. Sin embargo, desde esa perspectiva, los datos obtenidos deben ser procesados a fin de lograr cierta información necesaria para guiar a los pilotos de los aviones de caza hacia un punto (determinado por latitud, longitud, altura) y momento donde debería producirse la interceptación.

En el libro de Pastor (1952), el autor menciona que cuatro preguntas debían ser respondidas a fin de lograr guiar a los aviones interceptores sobre sus blancos “¿Cuántos aviones debo enviar? ¿En qué momento debo hacerlos despegar? ¿Dónde debo interceptar la formación enemiga?”. Pastor ilustra que “la cantidad [de aviones a enviar] varía según el tipo y cantidad de incursiones, como también si vienen solos o escoltados”.

La segunda pregunta se basaba en la consideración de que “no se puede hacer despegar los aviones demasiado pronto, por cuanto la autonomía de un caza a reacción es muy reducida. Tampoco demasiado tarde por el peligro de que los bombarderos se aproximen por demás a su blanco y los cazas no hayan alcanzado a obtener la altura de interceptación en el tiempo necesario.

“Luego, el término medio entre ambos casos está dado por el radio de acción del avión, que varía según la altura de vuelo, el régimen de potencia que se use y la capacidad de combustible, como también si se trata de un avión o de una formación.”

---

<sup>32</sup> 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 a Brown (1999) y Goebel (2013).

<sup>33</sup> La “intercepción” de aeronaves se refiere las operaciones necesarias a fin de “dirigir las unidades de caza propias contra las de bombardeo enemigas, para hacerlas coincidir deliberadamente en un punto del espacio donde deba culminar la propia acción defensiva” (Pastor, 1952: sin numero de página, en sección “Prólogo del autor”). En la literatura en castellano también se hace referencia a esta operación como “interceptación” véase por ejemplo González (2014). En este trabajo se ha optado por utilizar el término intercepción.

Como orientación al lector, téngase en cuenta que hacia 1952, un escuadrón de *Gloster Meteor* sin tanques auxiliares, que buscara interceptar una incursión a 12000 m de altura, tenía un radio de acción táctico, es decir podía alejarse de su base, 180 km, de los cuales 128 km eran necesarios para ganar altura, de modo que quedaban solo 11 minutos de vuelo, según la autonomía del avión, en los cuales debía producirse la interceptación de los aviones enemigos.

Respecto a la pregunta ¿en qué momento debe despegar el escuadrón interceptor? Pastor, muestra los cálculos manuales necesarios para determinar que, definido el punto de interceptación, y la velocidad de las naves enemigas a unos 800km/h, se disponían de 25 minutos, para la interceptación a la altura establecida, una vez que los incursores hubieran pasado una "línea de alarma" situada a 515 km de distancia del objetivo a defender.

¿Cómo se guiaban los cazas para interceptar a los aviones incursores? A partir de las observaciones de radar, y una vez determinada el rumbo y la velocidad de los incursores, se calculaba sobre un mapa por medio de regletas (que debían elegirse manualmente según la velocidad de los aviones incursores y los defensores). Teniendo en cuenta el tipo de interceptor, y las consideraciones de los dos párrafos anteriores, en el Centro de Control de Operaciones (CCO) se calculaba el punto y momento de interceptación, indicándose a los pilotos de los aviones de caza el rumbo, altura y la hora en que se produciría el encuentro.

#### 4.3.5.1 El desarrollo del magnetrón de cavidades en el Reino Unido

Durante la década de 1930 investigadores de distintos países, tales como George C. Southworth de *Yale University*, Wilmer Barrow del MIT y O. Shriever de la universidad de Kiel, posteriormente John Cockroft y M. Oliphant de la universidad de Birmingham, buscaron diseñar y producir válvulas capaces de generar ondas centimétricas, es decir que fueran capaces de generar altas frecuencias (Brown, 1999; Kaiser, 1994).

La importancia de lograr el desarrollo de válvulas que emitieran ondas de alta frecuencia radicaba en la posibilidad aumentar la distancia de la cobertura de los radares, la detección de objetos más pequeños y, sobre todo, la posibilidad de dotar con radares a los aviones caza. 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 así también la amplificación de éstas. Fue desarrollado por los hermanos Sigurd y Russell Varian en el departamento de física de la

Universidad de Stanford (Brown, 1999). 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 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 EEUU como en el Reino Unido se focalizaron en el desarrollo del *klystron* para su utilización en radares.

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 para el desarrollo de la tecnología de microondas, el cual fue confiado a Mark Oliphant quien orientó su investigación hacia la posibilidad de mejorar el desempeño del *klystron*. Hacia fines de ese año, John Randall y Henry 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). Esta necesidad, unida a la de no dedicar mucho tiempo, ni recursos, a fin de continuar con su principal línea de trabajo en detección de microondas, los habría llevado a evitar la literatura sobre válvulas, y recurrir a su inventiva a fin de lograr su cometido. De esta manera, hacia febrero de 1940, desarrollaron un dispositivo al que llamaron “magnetron de cavidades”, logrando emitir ondas de una frecuencia y amplitud estable, de un largo de banda de 9,8 cm y 400W de potencia<sup>34</sup>. El hecho de que su dispositivo lograra emitir microondas con mucha más potencia que el *klystron*, y habiendo pasado por alto el estado del arte en la cuestión ha sido señalado por diversos autores como un hito fundamental (Kaiser, 1994; Brown, 1999).

Kaiser remarca la particularidad de que en ingeniería, gracias a la relación cercana con la experimentación, se puede avanzar mucho más en la aplicación de un campo, que al intentar explicar la teoría subyacente a su aplicación. “La ciencia experimental es capaz de producir tecnología sin teoría” (Kaiser, 1994: 224) y el magnetron de cavidades, por tanto, puede ser

---

<sup>34</sup> Técnicamente, esto implica la emisión de ondas lo suficientemente cortas para constituir microondas, pero con la potencia suficiente para poder analizar la onda que rebotara en un objeto.

tomado como un ejemplo de ello, o bien, dicho en otras palabras, se trata de un desarrollo que no ha seguido el modelo lineal de innovación.

El desarrollo del magnetrón de cavidades por Randall y Boot marcó un antes y un después en la tecnología de emisión de ondas de radio al permitir producir microondas. Sin embargo, sus componentes existían ya 20 años antes, y de hecho ya había sido inventando, no una, sino varias veces anteriormente. Esta afirmación hace referencia a su desarrollo en la URSS, Suiza y los Estados Unidos en 1936 y Japón en 1937<sup>35</sup>. En todos estos casos hubo patentes y/o publicaciones en la literatura científica de la que, aparentemente tanto Boot como Randall no estuvieron al tanto (Brown, 1999; Goebel, 2013).

#### 4.3.5.2 Misión Tizard<sup>36</sup>

Ante la necesidad de producir en serie el magnetrón de cavidades, para su utilización en la defensa de la isla frente al avance de Alemania, Churchill decide compartir este desarrollo tecnológico con los Estados Unidos, realizándose para este fin una operación de transferencia de tecnología. Se crea así la *British Technical and Scientific Mission* a cargo de H. Tizard (conocida como “Misión Tizard”) que arriba a Estados Unidos en septiembre de 1940.

Al momento de la llegada de la misión Tizard a EEUU (que aún no era beligerante), entre este país y el RU no había diferencias cuantiosas en lo referido al avance en tecnología de radares de onda larga, y si bien el magnetrón de cavidades ya había sido desarrollado en EEUU, había pasado absolutamente desapercibido para los investigadores estadounidenses, y por tanto, allí no se contaba con tecnología de microondas para ser utilizada en radares.

---

<sup>35</sup> Arthur Samuel, de *Bell Telephone Laboratories* (quien pese a haber obtenido una patente en 1936 en EEUU, 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, Boveri & 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, en parte por la posición tomada por el Prof. Joffe, de no utilizar microondas para los radares. Hacia 1937, Tsunero Ito y Kanjiro Takahashi, produjeron una válvula similar al magnetrón de cavidades que producía ondas centimétricas. Hacia 1939 lograban 500W en forma continua (véase Brown, 1999).

<sup>36</sup> Extraído de Brown (1999)

Una vez que los británicos hubieron demostrado el magnetrón de cavidades, sus contrapartes estadounidenses comprendieron rápidamente la importancia de este dispositivo. Así, Vannevar Bush y Alfred Loomis (a cargo de la evaluación de dispositivos electrónicos en el marco del *National Defense Research Committee*, NDRC) sugieren que se dediquen recursos para la constitución de un laboratorio de investigación de magnetrón de cavidades a fin de ahorrar años de investigación al desarrollo de radares en EEUU. Con este fin se creó a mediados de noviembre de 1940, en el MIT, el “*Radiation Laboratory*”, conocido como *RadLab*, para investigaciones sobre el magnetrón de cavidades.

Como consecuencia de la creación del *RadLab*, el trabajo en radares en los EEUU 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. Además de la transferencia de tecnología en sí, la Misión Tizard permitió estrechar vínculos de colaboración entre EEUU y el RU que permitieron un rápido avance en la investigación y desarrollo de radares (Brown, 1999).

Finalmente, otro aspecto particular, fue el hecho de haber realizado una transferencia de una tecnología sustancial, el magnetrón de cavidades, a los EEUU cuando en el RU se reconoce la imposibilidad de impulsar su desarrollo en el marco del esfuerzo bélico que dicho país enfrentaba. De esta manera el desarrollo subsiguiente de la tecnología radar de microondas se vio impulsada por las capacidades aportadas por los grupos estadounidenses que no estaban sufriendo en suelo propio los estragos de la guerra.

#### **4.4 Conclusiones del capítulo: Conformación social de la tecnología**

En este capítulo se han presentado, de manera sucinta, las primeras investigaciones y desarrollos de radares en diferentes países considerados centrales: Alemania, Estados Unidos, Japón, la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y el Reino Unido. Se mostró cómo la conformación de la tecnología del radar tuvo un fuerte impulso basado en intereses y percepciones de carácter social. En este sentido, puede afirmarse que las estrategias de defensa y ataque en la IIGM influyeron sobre la inversión que los diversos Estados realizaron en el desarrollo de esta tecnología. Por ejemplo, en el caso de Alemania, se consideraba al radar

como una tecnología fundamentalmente de defensa, por lo tanto, en el contexto de las aspiraciones imperialistas durante las décadas de 1930 y 1940, en dicho país no se priorizó esta tecnología hasta después de bien entrada la IIGM.

Por el contrario, el caso del desarrollo del radar en el RU tuvo, tal como se ha mostrado, una serie de diferencias sustanciales con respecto a lo ocurrido en otros países. A modo de síntesis puede afirmarse que el apoyo a su desarrollo se basó en la asunción de una posición defensiva frente al poderío creciente de la Alemania nazi durante la década de 1930. Esto, a su vez, dio lugar al desarrollo de investigaciones apoyadas tempranamente por el gobierno desde años previos al inicio de la IIGM optimizándose estos esfuerzos de investigación en pos de, aprovechando -y desarrollando nuevas- capacidades lograr erigir un sistema capaz de dar una alerta temprana para las incursiones aéreas enemigas. De esta manera, la orientación de los esfuerzos en pos de lograr un objetivo concreto, modelado a su vez por la percepción de la situación imperante, dio lugar a un apoyo gubernamental significativo que se plasmó, a su vez, no solo en el desarrollo tecnológico, sino además en una innovación operativa que tuvo un impacto significativo en el desarrollo de la IIGM y permitió la consecución del objetivo original de utilizar el radar como sistema de defensa. De esta manera, en el Reino Unido se produjo una innovación adicional, descentrada del artefacto tecnológico en sí, puesto que se innovó en el uso de la información que se recogía gracias al artefacto. Por lo tanto, la novedad estuvo en un nivel organizacional, al planificar el envío de la información recogida a un Centro de Comando y Control, donde era analizada, y sobre la cual se tomaban decisiones centralizadas. Además, fue el primer país en el que se dispusieron radares en aviones caza con el objetivo de optimizar la defensa tanto durante los ataques nocturnos como en condiciones meteorológicas adversas.

Es por ello que puede argumentarse que el grado de apoyo gubernamental, si bien necesariamente no implicó el desarrollo de mejores radares, sí impactó tanto en la fijación de objetivos concretos para éstos, así como también diversos grados de ajuste de la tecnología a los fines para los cuales estaba siendo desarrollada. A partir de allí, puede comprenderse que lejos de los determinismos tecnológicos, el desarrollo de la tecnología radar, fue modelado por las percepciones, intereses y objetivos de las diversas sociedades en las cuales se iba desarrollando, obteniéndose resultados disímiles. Esto permite ilustrar cómo sociedad y

tecnología radar se influyeron mutuamente co-creándose, y en definitiva dando lugar a diversas interacción entre ambas.

También, en contra de las argumentaciones deterministas tecnológicas que siguen el modelo lineal de la innovación, donde toda tecnología es la consecuencia de un “descubrimiento científico” previo, se ha visto que este patrón de desarrollo tecnológico no se produjo en el caso de los radares de microondas: su desarrollo se basó en la invención del magnetrón de cavidades, del que no se había identificado a nivel científico la teoría que explicara sus principios cuando se lo utilizó en radares.

Por último cabe resaltarse el hecho de que 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 la tecnología, como en el ajuste de la tecnología a los fines para los cuales estaba siendo desarrollada. Particularmente el estilo socio-técnico y de desarrollo *demand-pull* del RU, generó un ajuste significativo en este sentido, de forma tal que, en su conjunto, el sistema conformado por demanda, política pública, trayectorias, generación y acumulación de capacidades, desarrollo de tecnología y su utilización, tuvo un impacto sustancialmente distinto al de aquellos casos en los cuales no se dio esta integración sinérgica.

En el próximo capítulo se analizará la historia de los radares en Argentina a partir de la década de 1950. Para ello se presenta la evolución de la cobertura radar en el país y los artefactos involucrados. También se hará una descripción de los sucesivos planes que orientaron esta actividad, analizándose cómo la FAA, a través de su cuerpo de radaristas, fue adquiriendo capacidades relacionadas al radar, que serían sumamente relevantes para su diseño y desarrollo nacional a partir del año 2003.



# Capítulo 5 Historia de la radarización en Argentina

## 5.1 Introducción. Contexto histórico

Los primeros pasos en pos de la incorporación de tecnología radar en Argentina se producen durante el año 1948. El país había atravesado la IIGM manteniéndose neutral, aunque había declarado la guerra al Eje hacia fines de la contienda, como consecuencia de presiones internacionales de los países americanos firmantes del compromiso de Chapultepec, por el cual se buscaba disminuir la influencia en América Latina del Eje y actuar contra sus intereses (Potash, 1981a). Desde 1946 Perón, que como Ministro de Guerra durante el gobierno dictatorial de Farrell, había creado la FAA como un arma independiente de la Armada y el Ejército, en octubre de 1944, era el Presidente de la República, y en este carácter traza los lineamientos de gobierno para los años 1947 a 1951 en el “Primer Plan Quinquenal”. Allí se promovían fuertes políticas sociales y económicas, al tiempo que declaraba la necesidad de -y se sentaban las bases para- lograr, según las pautas del partido gobernante, el desarrollo industrial de la Argentina. Los aspectos vinculados a la defensa no solo estaban incluidos, sino que además eran considerados como un problema fundamental que atravesaba a toda la sociedad.

El Plan Quinquenal tenía un fuerte supuesto implícito: la inminencia de un nuevo conflicto bélico mundial que enfrentaría a los EEUU con la URSS (Hurtado, 2010). De cara a este potencial conflicto Argentina tenía material bélico antiguo, en parte como consecuencia de haberse mantenido al margen de la IIGM, pero además por la negativa de EEUU, una vez finalizada la contienda, a facilitar el acceso del país a materiales ahora en desuso, que sí ofrecían a la venta a los países que habían luchado junto a los Aliados, durante dicho conflicto<sup>37</sup> (Lalouf, 2004).

Como consecuencia de este escenario el gobierno nacional dedicaría recursos en pos de lograr la autonomía en cuanto a insumos militares, dando así continuidad a una etapa en la cual florecieron diversas iniciativas tendientes a la creación y fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas, que posteriormente fueron conceptualizadas como una ideología tecno-nacionalista<sup>38</sup>, y que se habían iniciado en el seno de la fuerzas armadas algunos años antes del ascenso del peronismo al poder. Algunas de estas iniciativas dieron como resultado la creación de la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), creada en 1922 y cuyo primer director fue el General Mosconi; la Escuela Superior Técnica (1930), cuyo primer director fue el General Savio, y que se orientó a generar capacidad de producción nacional de armamentos, pero también con una fuerte orientación al desarrollo de la industria pesada del país constituyéndose en un verdadera usina, en el marco institucional del Ejército, de ideas económicas de corte nacionalista; la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGMF), creada en 1941 y dirigida inicialmente también por el General Manuel Savio, y la creación del Banco de Crédito Industrial, creado en 1944 y cuyo fin era el fomento del desarrollo de la industria (Potash, 1981a).

---

<sup>37</sup> Ya antes del inicio de la IIGM, las fuerzas armadas tenían un déficit en cuanto a armamentos pesados tales como cañones, tanques y aviones. Hacia fines de 1944, la Argentina estaba en una relativa situación de aislamiento internacional (los EEUU habían roto relaciones con el país en marzo de dicho año, y Argentina había hecho lo propio con Alemania). Paralelamente, y ante la negativa de EEUU de proveer armamentos al país, se hacían gestiones en España para comprar material militar alemán (o conseguir la fabricación en forma licenciada) particularmente armas antiaéreas y anti tanques, tanques, aviones cazas y bombarderos, y sistemas de prevención antiaérea, es decir, radares (Potash, 1981a).

<sup>38</sup> El tecno-nacionalismo, es una ideología en la cual el desarrollo industrial y tecnológico constituyen los pilares fundamentales para lograr la autonomía política e independencia económica (Thomas H. , 1999). Cabe aclarar que Adler (1988) acuña el concepto de “ideología antidependentista pragmática” como la ideología que sustenta los intentos desarrollistas orientados por un ideal nacionalista tendientes a generar –y mantener- la autonomía (en tanto autodeterminación política) de un país.

Este mismo impulso tecno-nacionalista, implicaría que durante el primer y segundo gobierno de Perón, se encararan diversas iniciativas, en las cuales el diseño y fabricación del avión I.Ae. 27 Pulqui I (primer avión a reacción latinoamericano) y posteriormente el I.Ae.33 Pulqui II constituyeron proyectos insignias de la época<sup>39</sup>. Hasta tanto estos esfuerzos, tendientes a contar con aviones a reacción de manufactura nacional dieran sus frutos, y con el fin de actualizar el material bélico disponible, la Argentina planificó la compra a Gran Bretaña de cien aviones Gloster Meteor para 1947, y otros tantos para el año siguiente (Lalouf, 2004). Pese a estos planes, solo se adquirieron a Gran Bretaña cien unidades de Gloster Meteor en 1947, junto con bombarderos pesados Avro-Lincoln (treinta unidades), Avro-Lancaster (15 unidades) y ocho radares Raytheon SCR 588 B<sup>40</sup>.

## **5.2 Raytheon SCR 588 B, primeros radares en operar en Argentina y Sudamérica**

Con la adquisición de estos aparatos, Argentina fue el primer país sudamericano que contó con radares para control del espacio aéreo (Quiroga y Aguiar, 2016). Si bien los primeros equipos comenzaron a llegar en 1949, no fue hasta 1953 que la primera “Estación de Intercepción” (EI) estuvo operativa (González, 2014). La adquisición de este material fue posible gracias a la deuda contraída por el RU con la República Argentina por la compra de alimentos durante la IIGM y en la inmediata posguerra. Fue parte de una compra compensada enmarcada en la declaración de la inconvertibilidad de la deuda inglesa, nominada en libras esterlinas a dólares estadounidenses, que, por medio del acuerdo Miranda-Eady llevó a Argentina, además de a la mencionada compra de material aeronáutico, a la nacionalización de ferrocarriles de capital inglés (Potash, 1981b)<sup>41</sup>.

---

<sup>39</sup> Para más detalles sobre el desarrollo del Pulqui I y II se puede consultar, además del trabajo citado de Lalouf (2004), el libro de Artopoulos (2012).

<sup>40</sup> El acrónimo SCR hace referencia a los radares desarrollados por *Signal Corps* (del Ejército de los EEUU): *Signal Corps Radar* (Brown, 1999; González, 2014). González (2014) aclara además que fueron construidos en Canadá y utilizados en el Reino Unido durante la IIGM.

<sup>41</sup> Para un mayor detalle de las circunstancias y motivos por los que Reino Unido bloqueó la disponibilidad de libras esterlinas que adeudaba a nuestro país, puede consultarse el artículo de Skupch (1972) “Nacionalización, libras bloqueadas y sustitución de importaciones”.

La principal función de los radares Raytheon fue la vigilancia y control aéreo de la zona circundante a la ciudad de Buenos Aires. Estos radares primarios, del tipo *Ground-Controlled Interception* (GCI) estaban pensados como una herramienta de defensa, a ser utilizada en coordinación con los aviones *Gloster Meteor*.

#### **Cuadro 2 - Radares primarios y secundarios. Definición y usos.**

Los radares pueden clasificarse tomando en cuenta si la información se obtiene gracias a la colaboración de los objetos detectados. De esta manera podemos distinguir en primer lugar a los radares primarios, que son utilizados con fines de defensa y **control del espacio aéreo**, por no requerir "colaboración" del objeto detectado para obtener información acerca de su distancia al radar, acimut respecto a éste y/o altura.

Los radares secundarios, por su parte, constan de un emisor terrestre que envía pulsos que son respondidos por un artefacto llamado *transponder*, ubicado a bordo del avión, que da información sobre el mismo. Son utilizados en **control de tránsito aéreo** y derivan del dispositivo *Identification Friend or Foe* (IFF, por su sigla en inglés), diseñado durante la IIGM a fin de discernir en la totalidad de los ecos recibidos por los radares, cuáles correspondían a aviones amigos y cuáles no.

Hacia el año 1952 se constituye el Grupo de Instrucción de Vigilancia Aérea, con asiento en el Centro de Información y Control (virtualmente el centro neurálgico de esta primera red de radares argentina), en la localidad de Merlo, provincia de Buenos Aires, iniciándose así la formación sistemática del personal que operaría y realizaría el mantenimiento de los radares en el país. Y en 1953 se crearía el Escuadrón Estudios, donde se capacitaba en operación y mantenimiento de radares (Fuerza Aérea Argentina, 2013).

Las distintas estaciones de radar fueron construyéndose entre 1953 y 1957 en la provincia de Buenos Aires y en el Sur de la provincia de Entre Ríos, contando cada una con uno de los mencionados radares, que tenían un alcance de unos 152 km a 3048 m de altitud. En la Tabla 2 se muestra el año de finalización de cada una de estas estaciones.

La Argentina enmarcaba la radarización de su territorio como parte integrante de una política de defensa, tendiente a lograr la autonomía del país, y, al igual que la compra de los aviones *Gloster Meteor*, esta adquisición fue orientada a mejorar la infraestructura para la defensa, al mismo tiempo que, en el marco del Primer Plan Quinquenal, se buscaba desarrollar

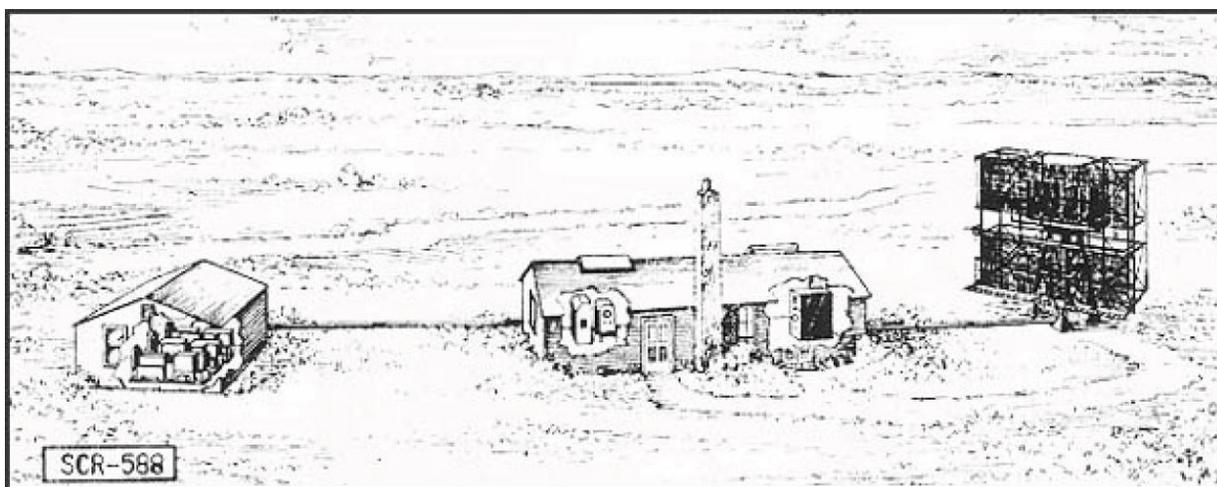
localmente la tecnología necesaria para asegurar la soberanía del país y disminuir la dependencia tecnológica en el futuro<sup>42</sup>.

**Tabla 2 – Localización de las primeras estaciones de radar y año de puesta en servicio**

<b>Localidad – provincia</b>	<b>Año</b>
Mar del Plata – Buenos Aires	1953
Magdalena – Buenos Aires	1953
Merlo – Buenos Aires	1953
Ireneo Portella – Buenos Aires	1955
General Belgrano – Buenos Aires	1955
Punta Rasa – Buenos Aires	1956
Möll – Buenos Aires	1956
Larroque – Entre Ríos	1957

**Fuente:** elaboración propia en base a González (2014).

**Ilustración 2 - Aspecto de una estación radar SCR-588**



**Fuente:** Naval History and Heritage Command (2017)

<sup>42</sup> Rougier (2013) explica que la existencia de un “complejo militar-industrial” en la Argentina de la posguerra constituyó el epicentro de un “complejo industrial-privado” (Schvarzer, 1979) que dio lugar a la creación de una serie de empresas estatales. Además del citado trabajo de Rougier, existen otros trabajos sobre diversos componentes de este complejo tales como los de Picabea (2010), Belini (2014), Raccanello y Rougier (2014).

En lo que respecta a investigación y desarrollo vinculado a radares en aquella época, cabe mencionar la existencia de dos laboratorios nacionales que trabajaron en la temática: hacia 1951 existía una sección del Instituto Aerotécnico llamada “Laboratorio Central de Electrónica de Aeronáutica”, en cuyas dependencias de Córdoba se realizaban “estudios de equipos y materiales vinculados a las microondas” incluyéndose dentro de los desarrollos emprendidos “la construcción de un reflector parabólico concentrador de microondas y destinado a un equipo de radar” (Anónimo, 1951: 77). También existió el “Laboratorio de Electrónica (LABE)”, dependiente de la DGFM, en el cual había una sección llamada “Microondas”, donde se realizaban investigación básica y aplicada. En el trabajo de este laboratorio se priorizaron las “realizaciones prácticas de inmediata necesidad, como son el radar, el microondas, la televisión y las comunicaciones” (Anónimo, 1952: 52). Mención llamativa la del radar como de realización de “inmediata necesidad” si se toma en cuenta que, a diferencia de lo sucedido en el caso de los aviones a reacción, donde sí se logró la construcción de dos modelos, el diseño y desarrollo de radares nacionales finalmente no prosperó. Cabe aclararse que, a los fines de esta investigación, no fue posible establecer los avances logrados, ni la fecha en que se dejaron de realizar trabajos en tecnología radar y microondas en estos laboratorios.

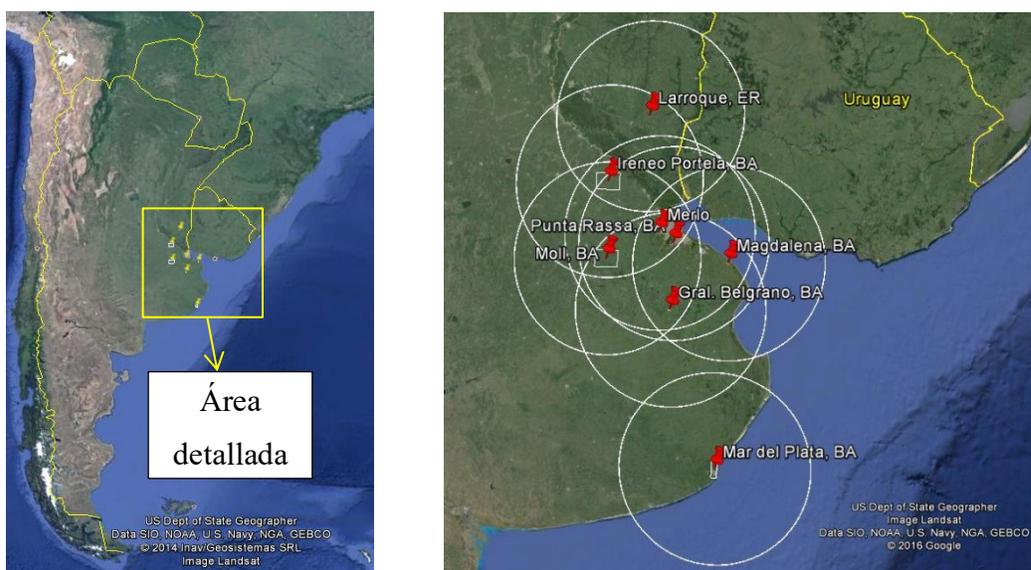
Hacia 1958 se lleva a cabo una modernización de los radares SCR 588 B que comprendió modificaciones e innovaciones en el material original, a cargo de personal del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA)<sup>43</sup>. En tanto que las modificaciones fueron realizadas en el sistema radiante (emisor), sistema receptor y en el sistema de representación (González, 2014), la innovación la constituyó la modificación de la antena original por otra en forma de diedro. Esta modificación solo se implementó en dos sitios, Punta Rasa y Mar del Plata, según indica González, posiblemente a causa de que se trataba de una innovación para una tecnología que ya había sido superada, por equipos de mayor precisión (Fuerza Aérea Argentina, 2013; González, 2014).

---

<sup>43</sup> El CITEFA fue creado en 1954 por Decreto Presidencial N° 441 del Presidente Perón, tomando como punto de partida al preexistente Departamento Técnico de la DGFM, creado en 1941. Además de haber sido un centro productor de armamento y material bélico, fue un foco de desarrollo industrial para el país. Desde 2007, por Decreto Presidencial N° 788 pasó a llamarse CITEDEF (Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa) (Hurtado, 2010; CITEDEF, 2014).

Respecto a la *performance* de estos radares, González menciona que la información obtenida con estos aparatos era a tal punto imperfecta, que hacía que las interceptaciones no fueran tareas sencillas, puesto que la medición de altura era complicada, así como también la determinación de la posición del blanco, puesto que la representación del eco en la pantalla era de un tamaño considerable. Esto daba lugar a que las diferencias de altura entre aviones incursores y de caza durante interceptaciones fueran de varios miles de pies<sup>44</sup>.

## Mapa 2 – Ubicación y cobertura de las estaciones de radares Raytheon SCR 588 B hacia 1958



Fuente: Elaboración propia en base a Fuerza Aérea Argentina (2013). Mapa de Google earth Pro.

También señala González que el viento influía mucho en la antena, de forma tal que “era necesario mirar por un ventanuco que se tenía desde la sala de control, para, teniendo en cuenta la posición de la antena, hacer correcciones en los datos de posición que obtenían en la PPI<sup>45</sup>” señalando que el error de acimut llegaba a ser de 15° (González, 2014: 103).

<sup>44</sup> Si se tiene en cuenta que mil pies equivalen a 304,8 metros, tenemos una magnitud de los errores.

<sup>45</sup> El Indicador Plano de Posición (PPI, por su sigla en inglés) es una pantalla que muestra los ecos recibidos en la antena del radar como si fueran vistos desde arriba, representando el centro de la circunferencia el lugar donde se sitúa el radar que emite señales en 360°, y por tanto se representan los ecos provenientes de toda la circunferencia alrededor del centro, permitiendo no solamente mostrar la distancia al objetivo sino también el rumbo. Previo al desarrollo de la PPI, se utilizaba la “Representación A”, que consistía en el uso de un osciloscopio que mostraba la ubicación de un objeto con respecto al radar. Para ello el haz de rayos catódicos se desplaza horizontalmente desde el momento en que se envía el pulso. El eco del objeto detectado se mostraba

Otra característica de los radares SCR588B era que en el caso de aeronaves volando a baja altura, el alcance disminuía paulatinamente hasta desaparecer completamente. Asimismo por no contar con IFF, en la práctica la identificación de aviones comerciales se hacía comunicándose con “Circulación Aérea”, o incluso consultando los horarios de los vuelos de las aerolíneas comerciales (González, 2014).

### 5.3 Recambios y nuevos radares

Una vez comenzada la década de 1960, la FAA decide el reemplazo de los radares Raytheon. Esta decisión se sustentaba en que en el período transcurrido desde la compra de los primeros radares (basados en tecnologías desarrolladas durante la IIGM) hasta ese momento, la tecnología radar había continuado desarrollándose en los países centrales, de forma tal que el desempeño de los radares Raytheon era muy limitado en comparación a otros radares disponibles, los cuales contaban con nuevas tecnologías que zanjeaban los problemas que fueron detallados previamente, o bien que tenían un rendimiento superior al de los radares SCR-588B. A estas cuestiones vinculadas a la disponibilidad de tecnologías más modernas González (2014) señala que se había sumado una dificultad adicional vinculada a la no disponibilidad de repuestos para realizar un adecuado mantenimiento de los radares Raytheon.

Se decidió entonces que los 8 radares serían reemplazados por un único radar, comprado también al RU, provisto en este caso por la firma Marconi. Se trataba de un sistema compuesto por un radar de vigilancia que aportaba información de acimut y distancia (con un alcance de 410 km) más un segundo radar que permitía establecer la altura de aviones con un alcance de unos 370 km<sup>46</sup>. Al igual que los radares SCR 588-B este radar no poseía IFF (González, 2014).

Junto con el cambio de los radares se emprende, en 1960, la construcción de un Centro de Información y Control (CIC), en la ciudad de Merlo, Buenos Aires. Dicho centro, que sigue

---

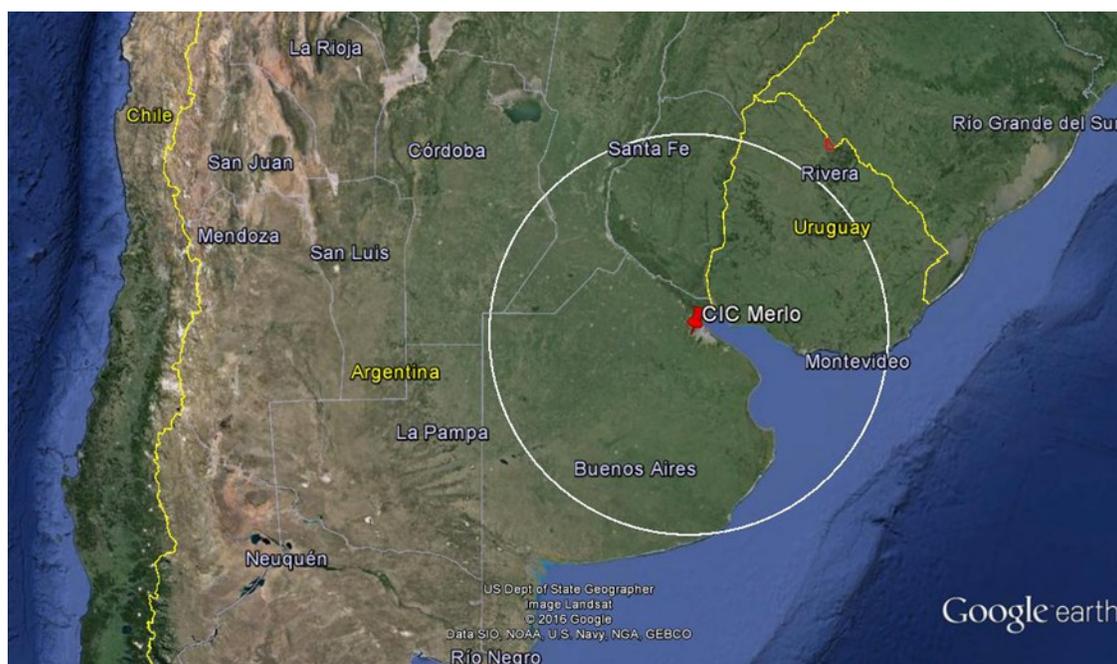
como una alteración en la cantidad de energía recibida notándose un desplazamiento de los puntos en la pantalla. La pantalla de la “Representación A” se ajustaba de forma tal que la longitud horizontal máxima representara el alcance del radar y por tanto la distancia en la pantalla entre el pulso y reflejo, permitía estimar la distancia al objeto (Battan, 1977; Brown 1999).

<sup>46</sup> Existe discrepancia en las fuentes acerca de los modelos de radar involucrados. Según Fuerza Aérea Argentina (2013) se trataba de los modelos S311/1 y S239/1 respectivamente. Por su parte González (2014), menciona que los modelos son SR 311/1 para vigilancia y SR329/1 para determinación de la altura.

utilizándose en la actualidad, está constituido por un búnker bajo tierra compuesto por tres niveles operativos más uno adicional de servicios (González, 2014). Se adoptaba de esta forma el modelo utilizado por el Reino Unido en la IIGM, en lo referente al procesamiento de la información provista por los radares, esquema en el que la información obtenida por cada sensor se integra en un centro de información y control, que en base a ella toma decisiones operativas.

### Mapa 3 – Cobertura del radar Marconi

---



---

Fuente: Elaboración propia en base a Fuerza Aérea Argentina (2013). Mapa de Google earth Pro.

---

De este primer recambio de radares pueden sacarse algunas conclusiones. En primer término, que el avance de la tecnología que se dio en el término de 12 años volvió obsoletos los primeros radares Raytheon, obsolescencia definida por mejoras en las prestaciones en equipos más modernos; la no disponibilidad de repuestos; y la mejora sustancial en la cobertura (el reemplazo por un único radar que por sí solo tenía una cobertura mayor que los 8 anteriores en conjunto es un indicador de ello). Por otro lado, si bien había existido cierta capacidad técnica para pensar en el desarrollo de radares nacionales, no se continuó esta línea de trabajo, siendo por ello necesario recurrir a proveedores extranjeros para realizar la compra del nuevo radar.

En la literatura vinculada al sector aeronáutico de la época -véase por ejemplo los libros “Intercepción” de Pastor (1951) y “Control Defensivo” de 1955 de Jorge Nisovischia, citado por González (2014)- se manifiesta en forma implícita el carácter de usuario, y no de desarrollador de tecnología radar, asumido por la FAA en aquellos años. Nisovischia menciona que “la técnica domina la táctica”, pero puesto que esto implicaba la asunción de que la técnica –en definitiva- era extrínseca, en el sentido de que debía adquirirse a otros países al no haber desarrollos locales, la táctica quedaba supeditada a equipos foráneos. De esta forma se reproducía la situación de dependencia tecnológica, ya fuera para la compra de repuestos o de nuevos equipos. Por lo tanto, se asumía un carácter de dependencia tecnológica en materia de defensa antiaérea. Por su parte, en el prólogo del libro de Pastor, la Subcomisión de Cultura del Círculo de Aeronáutica, menciona que “el progreso acelerado de los distintos materiales, armas, equipos, sistemas, etc. conferirá un plazo relativamente breve de actualidad a los datos [expuestos en el libro]”. Nuevamente este progreso se suponía como un proceso con identidad propia, ajeno a las posibilidades de acción del país, y sin tener en cuenta el hecho de que en definitiva, ese progreso era consecuencia de la acción deliberada de grupos. En síntesis, la FAA asumía una posición de dependencia tecnológica respecto al radar, en la cual la posibilidad de desarrollar nacionalmente esta tecnología quedaba, sino descartada, al menos relegada. Esta percepción por parte de la FAA tendría como consecuencia inmediata el rol de usuario de tecnología radar asumido por dicha fuerza, y a su vez modelaría las políticas públicas en la materia, particularmente cuando se comenzaron a desarrollar planes nacionales de radarización, tal como se verá más adelante.

En 1968 la FAA decide dar de baja a los aviones *Gloster Meteor*, y luego de evaluar diversas alternativas la FAA decide que en su reemplazo se adquirirían aviones Mirage III, franceses. Este nuevo sistema de armas requería de un radar moderno, que sumado al hecho de que el radar Marconi “había quedado obsoleto” (Fuente 2, 2014a), derivó en que la compra de los mencionados aviones se complementó con la compra de un nuevo radar que se instalaría en el CIC de Merlo, cubriendo –nuevamente- el área del sector de defensa Buenos Aires. La obsolescencia del radar Marconi se puede definir a partir de la carencia de avances técnicos -tales como imposibilidad de eliminar interferencias atmosféricas, el hecho de que se trataba de un sistema no redundante, la falta de dispositivo de contra-contra medidas-, y –nuevamente- la dificultad en la obtención de repuestos (por lo cual el radar de altura estuvo tres años fuera de

servicio, operando por ende el radar solo en 2D). Asimismo, si bien era una tecnología conocida desde la IIGM como ya se ha mencionado, el radar Marconi no contaba con dispositivo IFF<sup>47</sup> (González, 2014).

El radar elegido para reemplazarlo, Bendix BPS 1000, se adquiere en 1973 a la firma Bendix *International Service Corporation*. Contaba con innovaciones referidas a la tecnología de la consola -de avanzada para el momento- gracias a la utilización de software (Fuente 2, 2014a) pasándose de sistemas manuales a sistemas automáticos en el tratamiento y presentación de la información. Respecto a la actividades de interceptación, el radar contaba con IFF, pero el operador debía realizar operaciones en forma “manual asistida” (González, 2014).

**Cuadro 3 - Operación manual, manual asistida, semiautomática y automática<sup>48</sup>.**

Desde el punto de vista del control aéreo el concepto de “operación manual” implica un mínimo de procesamiento de los datos provistos por los radares, al tiempo que no provee apoyo a las actividades de vigilancia y control (véase Cuadro 1 en página 67).

La operación manual asistida, implica que el operador recibe de la computadora información obtenida en base al análisis de datos, y ésta es representada a su vez en una consola (pantalla tipo PPI). A su vez, el operador debe ingresar información en la computadora. Una vez que en la pantalla se indica que un blanco es un enemigo, el sistema calcula los distintos vectores de ascenso, y virajes para cada fase de la interceptación por parte de aviones de caza. Sin embargo, el operador debe ir “señalando” a la computadora la posición del blanco en cada momento, a fin de que la computadora recalculé la información para la interceptación, y de esta forma el operador guíe al piloto.

En la medida que los sistemas incorporan capacidades para facilitar su operación, se pasa a manual asistido, semiautomático y automático.

El radar Bendix comenzó a operar en 1976. Los cambios introducidos significaron el inicio del tratamiento digital de la información radar en Argentina (Fuente 4, 2014), lo cual incluía la capacidad de simulación, a los fines de entrenamiento, y la integración en una misma pantalla de la información de altura, acimut y distancia (Fuerza Aérea Argentina, 2013).

<sup>47</sup> La explicación del dispositivo IFF puede verse en el Cuadro 2 de la página 76.

<sup>48</sup> En base a González (2014).

## 5.4 SICEA: Primer Proyecto de Radarización Integral

Entre fines de la década de 1970 y comienzos de la década de 1980 se inicia el que sería el primer plan integrado de radarización para Argentina, llamado Proyecto SICEA (acrónimo de Sistema Integrado de Control del Espacio Aéreo). Este proyecto representó un cambio “en el concepto operativo” (Fuente 4, 2014) de la vigilancia y control aeroespacial puesto que integraba la información radar tanto para el Tránsito Aéreo Civil como la concerniente a la Defensa.

Este proyecto, que incluía la compra de radares, infraestructura de telecomunicaciones y un nuevo centro de control (Fuente 2, 2014a), requería una inversión de 800 millones de dólares y había sido pensado en dos etapas, la primera para la cobertura del centro y norte del país, en tanto que la segunda etapa cubriría el sur. Tenía la particularidad de que cerca del 60% de la inversión necesaria era para construir un subsistema de comunicaciones, dado que la red existente en ese momento -por cuestiones técnicas- no podía soportar la transferencia en tiempo real de información (González, 2014).

El alto costo de este proyecto, llevó a que una vez completada la etapa de diagnóstico y estudio de propuestas, se discontinuara el proyecto por falta de respaldo económico durante el año 1984 (González, 2014). Pese a que no llegó a ejecutarse, según Fuente 2 (2014a), el proyecto SICEA aportó a la FAA una experiencia sustancial para hacer evaluaciones técnicas. Como consecuencia de su cancelación la FAA continuó realizando compras de radares, aunque sin buscar un sistema integral.

Paralelamente al proyecto SICEA, en el año 1978 se adquieren 6 radares primarios 3D tácticos (móviles) Westinghouse AN-TPS 43-W 430<sup>49</sup>, de EEUU, que en la actualidad siguen siendo utilizados por la FAA. Estos radares, que permiten una cobertura de 410 km y están provistos de IFF, contaban al momento de su adquisición con innovaciones inéditas en Argentina, tales como un conjunto de contra-contra medidas electrónicas (CCME), resistencia a *jamming* y agilidad para realizar saltos de frecuencia (González, 2014). Desde una

---

<sup>49</sup> La sigla corresponde al nomenclador OTAN y hace referencia a: *Air Force* (fuerza aérea); *Navy* (armada); *Transportable* (transportable); *Primary* (Primario); *Surveillance* (Vigilancia)

perspectiva operativa, su adquisición significó un cambio conceptual en el uso de radares primarios, dado que, a partir de la posibilidad de ubicarlos en prácticamente cualquier sitio, permitían cubrir diversos sectores de defensa del país donde fuera necesario su uso<sup>50</sup>.

Respecto a radares para control de tráfico aéreo, a fines de la década de 1970 se adquiere el primer radar para Control de Tráfico Aéreo, adquirido a la firma francesa Thomson, y que se emplaza en el Aeropuerto de Ezeiza, Buenos Aires. Se inicia así la radarización con fines civiles, es decir, para control del tránsito aerocomercial. A este radar le seguirían otros que serían adquiridos a la empresa italiana Alenia, y serían instalados en las ciudades de Córdoba (1986); Mendoza (1993), Paraná (1996) y Mar del Plata (1997) (González, 2014).

## **5.5 El Plan Nacional de Radarización de 1996**

Hacia mediados de la década de 1990 la situación del control del tránsito aéreo así como la vigilancia y control del aerospacio continuaban presentando una fuerte dependencia respecto de tecnología extranjera. Esta dependencia era particularmente sensible en lo referido al mantenimiento avanzado de los radares y las dificultades que se iban presentando por las dificultades para conseguir ciertos repuestos. Asimismo, la baja cantidad de radares en territorio argentino (unos once en total, no todos operativos, entre primarios y secundarios) hacían que el país no tuviera un poder de negociación aceptable con respecto a los diversos proveedores (una firma estadounidense para los radares primarios –Westinghouse-, una firma francesa –Thomson- y otra italiana –Alenia- para los secundarios).

En 1996 el Presidente Menem firma el Decreto 145/96 aprobando el Plan Nacional de Radarización elaborado por la FAA para el Ministerio de Defensa (MD). En este Decreto se autorizaba a dicho Ministerio a llamar a licitación nacional e internacional para la compra de un sistema llave en mano que integrara el control de tráfico aéreo con el control del espacio aéreo, en el marco de una primera etapa de implementación de este plan por un valor presupuestado de USD 185.300.000. Posteriormente por Ley 24813, del 23 de mayo de 1997,

---

<sup>50</sup> Cabe mencionarse, siguiendo a González (2014) que de estos radares, los primeros en llegar al país fueron desplegados en Rio Gallegos (Santa Cruz) y Alto Pencoso (San Luis) durante el conflicto argentino-chileno por el Canal de Beagle. Posteriormente uno fue emplazado en las islas Malvinas, durante el conflicto bélico de 1982, y capturado por las tropas inglesas luego de la rendición argentina.

el Poder Legislativo nacional autoriza la operación de crédito externo que permitiría financiar este plan (Quiroga y Aguiar, 2016).

La naturaleza de los considerandos del Decreto 145/96, giraba en torno a los siguientes ejes: (i) existencia de una cobertura radar limitada del territorio nacional, tanto en radares primarios como secundarios, que generaba la necesidad de mejorar la seguridad y el control del espacio aéreo nacional así como también incrementar la eficiencia en la gestión del tráfico aéreo; (ii) la situación de obsolescencia tecnológica, que se transparentaba en la necesidad de actualizar la tecnología a fin de pasar de sistemas analógicos a digitales, que constituyeran un sistema de radares a nivel nacional (a diferencia de radares operando en forma aislada) que proporcionara servicios a todas las terminales (aeropuertos) del país, y que admitiera el procesamiento automático de datos; (iii) todo ello en un contexto de incremento en el tráfico aéreo en los años recientes (tanto por tráfico aéreo lícito como ilícito), junto a pronósticos de OACI de aumento del tráfico aéreo del 5% anual en la región hasta 2001 (Decreto 145/96).

Estos considerandos también mencionaban “que la actualización de los sistemas de vigilancia y control del espacio aéreo involucra la Seguridad Nacional, vinculándose también con el desarrollo económico del país” (Decreto 145/96). Posiblemente esta mención al desarrollo económico del país hiciera referencia más que nada a la posibilidad de aumentar el tráfico aéreo –facilitado por el control radar en aerovías- y no a la adquisición, puesta en marcha, operación y mantenimiento del sistema por parte de proveedores locales.

En 1997 el entonces Ministro de Defensa, Jorge Domínguez, presenta la primera parte del "programa" de radarización de todo el territorio nacional para controlar el espacio aéreo. Esta primera etapa preveía el emplazamiento de 21 radares, de los cuales 12 serían nuevos (ver en la Tabla 3 el detalle). La etapa se completaba con diversos centros de control (entre los que se preveía uno con fines de defensa y otro con fines de tránsito aéreo) cada uno de los cuales contaba con sus respectivos sistemas de procesamiento y representación de la información (González, 2014). La segunda etapa preveía la instalación de otros radares para reforzar la zona norte del país y ampliar los controles en la Patagonia agregando tres radares 3D fijos y

tres 3D móviles con MSSR<sup>51</sup>. La FAA participaría del PNR definiendo los requerimientos y analizando los aspectos técnicos y operativos de las ofertas que se presentaran. El MD analizaría y decidiría eventualmente en lo referido al aspecto económico.

**Tabla 3– Tipo y cantidad de radares previstos en la primera etapa del PNR de 1996.**

Tipo	Cantidad	Nuevos
Primario 3D fijos con MSSR	2	No
Primario 3D móviles con MSSR	2	No
Primario 2D con MSSR asociado	4	Si
Primario 2D con MSSR asociado	4	No
MSSR	8	Si
MSSR	1	No

Fuente: Adaptado de González (2014).

#### **Cuadro 4 - Radares 2D y radares 3D**

Los radares 3D son aquellos capaces de establecer por sí mismos la medición de altura, distancia y acimut. En cambio los radares 2D solo brindan información de distancia y acimut. Esta distinción se origina en el hecho de que la medición de la altura representó una dificultad técnica en el desarrollo de la tecnología radar pero que en la práctica hace que aún hoy en día existan radares que no poseen la capacidad técnica de medir la altura de las aeronaves.

Cuatro empresas presentaron propuestas para la licitación de la primera etapa del plan: Raytheon Company; Northrop-Grumman *Overseas Service Corporation* (ambas de los Estados Unidos); Thomson C.S.F. (Francia); y Alenia Difesa (Italia). Sin embargo, este Plan Nacional de Radarización tampoco llegó a ejecutarse por diversas causas que incluyeron irregularidades en los términos de la licitación y acusaciones cruzadas entre las empresas participantes (Castro Olivera, 1999), con impugnaciones realizadas “incluso antes de que salieran los términos de las licitaciones” (Fuente 2, 2014a), lo cual según González (2014: 254) implicaba que “era evidente que se estaban produciendo filtraciones”. También fue notorio –y paralizante- el hecho de que al momento de abrirse el sobre de la propuesta

<sup>51</sup> Acrónimo de *Monopulse Secondary Surveillance Radar*, es decir radar secundario monopolso de vigilancia. Son radares que derivan del dispositivo IFF y son utilizados en control de tráfico aéreo, capaces de obtener del *transponder* del avión interrogado, su identificación y altura.

económica de la empresa *Northrop-Grumman Overseas Service Corporation*, cuyos pliegos de términos técnicos habían sido aprobados, los mismos superaban el presupuesto asignado (González, 2014). Finalmente, este proceso licitatorio fue anulado por medio de la Resolución 1084/2000 del MD.

## **5.6 Conclusiones del capítulo: políticas de radarización y dependencia tecnológica.**

La trayectoria de la FAA en lo referido a la utilización de radares, además de un inicio anterior con respecto a los países de la región, implicó la existencia de esfuerzos tempranos en pos de dominar esta tecnología, aunque pronto fueron dejados de lado, luego de que Perón fuera derrocado en 1955. Esto implicó que la FAA asumiera un rol de usuario de tecnología radar, en un marco de dependencia tecnológica respecto a los desarrollos de otros países. Adicionalmente, esto llevó a que no existiera un impulso al desarrollo de esta tecnología en Argentina puesto que, si el principal usuario no demandaba al sector científico y tecnológico, difícilmente se desarrollara la tecnología.

Pese a este rol pasivo respecto al desarrollo de tecnología radar, el cuerpo de radaristas de la FAA fue generando distintas capacidades<sup>52</sup> a lo largo de su trayectoria, vinculadas específicamente al uso de esta tecnología, por medio de la formación de personal para su operación y mantenimiento, gracias al establecimiento temprano de un grupo de instrucción<sup>53</sup>. Además de estas capacidades, las compras de material y las licitaciones para dos planes integrales de radarización que se sucedieron (entre fines de la década de 1940 y mediados de la de 1990) implicaron la generación de otras vinculadas a la redacción de pliegos de licitaciones y a la evaluación técnica de propuestas. Adicionalmente, por haber sido la FAA la responsable del control del tráfico y espacio aéreo en Argentina, a lo largo de la trayectoria de los radaristas, esto generó una capacidad residente en los cuadros superiores que puede

---

<sup>52</sup> Puesto que el concepto de capacidades dinámicas se ha desarrollado en torno a la noción de que las empresas a partir de las mismas generan competencia centrales, el mismo debería ser readecuado para el uso en el ámbito no empresarial. Por lo tanto, en el caso de la FAA se recurre al concepto, más amplio de capacidades, propio de la economía evolucionista.

<sup>53</sup> Otro aspecto, no abordado en esta tesis, respecto a las capacidades vinculadas al uso y mantenimiento de radares, es la operación en condiciones reales de combate durante el conflicto bélico de Malvinas en el año 1982.

caracterizarse como de acción política a nivel gubernamental. Esta capacidad implica, además del *know-how* específico de la actividad política, el haberse constituido en un actor clave, por poseer el conocimiento técnico, en la política pública de radarización.

Al considerarse esta última capacidad desde el enfoque de las coaliciones de causa, y teniendo en cuenta que en la medida en que un actor se mantiene en el ámbito de una política pública a lo largo del tiempo se va produciendo un proceso de aprendizaje que le permite generar cambios en sus creencias, se entiende que los cambios en estas creencias revisten un carácter fundamental para impulsar cambios en las políticas públicas (Sabatier y Weible, 2007). Desde esta perspectiva, el rol pasivo respecto del desarrollo de tecnología radar asumido por la FAA puede considerarse una creencia central profunda de dicho actor que permeó tanto en el SICEA como en el PNR en la forma de una creencia central de la política pública. Sin embargo, el proceso de aprendizaje respecto al radar implicado en la trayectoria de la FAA, y que fue generador de las capacidades antes mencionadas, también fue el que permitiría posteriormente plantear el cambio en la creencia central de la política pública respecto de la dependencia tecnológica, que a su vez posibilitó impulsar desde esa política el desarrollo nacional de radares. De esta manera, y siguiendo las argumentaciones de Sábato (2004 [1980]), la compra de material extranjero y los procesos de aprendizaje efectuados en torno a éste, fueron en parte los que posibilitaron el desarrollo nacional de esta tecnología.

En este sentido, cabe también aclararse que a lo largo de la historia de la política de radarización en Argentina, aparte del rol activo de la FAA, no parece haber habido, coaliciones de causa antagónicas, ni otras que tuvieran una importancia tal que les diera injerencia en la formulación de estas políticas públicas. Si bien las fuentes tanto del MD como de la FAA comentaron que siempre hubo algún tipo de presión por parte de empresas multinacionales extranjeras (a través de sus representantes-lobbistas locales), y más allá del interés de los medios periodísticos en la temática, ninguno de estos grupos llegó a constituirse en actores destacados de la política pública de radarización.

Por su parte, a lo largo del tiempo la dependencia tecnológica se fue presentando como un obstáculo recurrente que imponía la necesidad de reemplazar el material con la compra de nuevos equipos. Según se ha visto aspectos tales como la discontinuación de repuestos (como sucedió con los SCR 588B, el radar Marconi y –como se mostrará más adelante- sucedería con

los AN TPS 43), el desarrollo de nuevas prestaciones sumado a la carencia de ciertas capacidades en los radares con los que se contaba (falta de IFF en los Raytheon o en el Marconi, por ejemplo), la mayor versatilidad de los nuevos equipos, o la necesidad de compatibilizar los radares con los sucesivos desarrollos que se iban dando en la industria aeronáutica, implicaban que la FAA debiera actualizar su material. El resultado era una y otra vez el mismo: la dependencia tecnológica implicaba la necesidad de que el país recurriera a proveedores extranjeros de tecnología radar, y de allí que la capacidad de compra del Estado se utilizara para comprar tecnología foránea, con el consecuente gasto de divisas que ello implicaba.

Así, a fin de que Argentina pudiera planificar seriamente el diseño y desarrollo de un sistema de control del espacio aéreo por medio del desarrollo nacional de tecnología radar, fue necesario romper con esta percepción ligada a la dependencia tecnológica respecto a los radares que primaba en la FAA. Este cambio perceptual, a su vez fue posible gracias a la pre-existencia de un proceso de acumulación de capacidades y conocimientos realizados por el cuerpo de radaristas de la FAA, respecto a las capacidades mencionadas previamente, y que fueron dándose, ya fuera en el marco de compras aisladas, como de planes integrales de radarización orientados a la adquisición de tecnología extranjera.

Sin embargo, no bastaba con las capacidades que, a nivel de usuario o comprador técnico, el cuerpo de radaristas de la FAA había desarrollado en su trayectoria, para que se encarara el diseño y fabricación nacional de radares: se requería también la *expertise* técnica que permitiera el dominio de la tecnología incluida en los sistemas radar. Por ello en el próximo capítulo se hará foco en la trayectoria socio-técnica de INVAP, empresa que se constituyó en un actor primordial para lograr el desarrollo local de tecnología radar en conjunto con la FAA.

# Capítulo 6 Historia y trayectoria socio-técnica de INVAP

INVAP es una Sociedad del Estado que comenzó sus operaciones en 1976, durante el gobierno de facto de Videla, como brazo ejecutor de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), en el área nuclear. Posteriormente, durante la década de 1990, luego de la creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) comienza a incursionar en el desarrollo de satélites, como consecuencia de una transferencia de tecnología propuesta por el gobierno de los EEUU al gobierno de nuestro país, a cambio del desmantelamiento del proyecto de misil balístico Cóndor II (Entrevista a Fuente 10, 2011) y de la cancelación de los contratos en el área nuclear con Irán (Hurtado, 2014). INVAP se ha fundado, desarrollado y afianzado en diversos mercados que se caracterizan por requerir la realización de actividades, procesos y productos que son intensivos en conocimiento, y que Versino (2006), siguiendo la conceptualización de Sábato y MacKenzie (2014 [1979]), no duda en tipificar como una fábrica de tecnología<sup>54</sup>. Las áreas en las cuales INVAP ha trabajado a lo largo de su historia incluyen el diseño y fabricación de reactores nucleares de

---

<sup>54</sup> Véase la nota al pie 14 en la página 29 para una definición de fábrica de tecnología.

investigación y producción de radioisótopos; aeroespacial -principalmente satélites y radares-; medicina nuclear; energías alternativas y servicios a industrias -generadores eólicos, robots, equipos de liofilización, entre otros.

En este capítulo se realiza un breve repaso por la historia de la empresa, basado tanto en fuentes primarias como secundarias, con el fin de analizar su trayectoria socio-técnica y el modo en el cual a lo largo de la misma fueron desarrollándose capacidades dinámicas que posibilitaron la posterior producción nacional de radares. Para ello primero se realiza una reseña de la historia de la empresa, haciendo énfasis en las capacidades dinámicas descritas por Seijo y Cantero (2008). Luego, en base a fuentes primarias se realiza un análisis sobre las primeras incursiones en tecnología radar hechas por la empresa, a partir del diseño del Radar de Apertura Sintética (SAR) de los satélites SAO-COM. Por último, se realiza un análisis de las capacidades dinámicas que INVAP desarrolló a lo largo de su trayectoria socio-técnica.

## **6.1 Reseña histórica de INVAP**

La fundación de la empresa INVAP se debe a un desprendimiento del Programa de Investigación Aplicada (PIA) del Centro Atómico Bariloche (CAB) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), que, dirigido por el Dr. Conrado Varotto, tenía por fin generar un grupo de investigación aplicada que, en el marco del Plan Nuclear de 1975, diera pie a la creación de una industria nuclear en el país y posibilitara el posicionamiento de Argentina como proveedor de tecnología nuclear en la región. Puesto que el PIA funcionaba en el seno del CAB-CNEA, en la medida que se expandían los trabajos para la industria, crecían en forma proporcional las trabas burocráticas y las dificultades para la firma de contratos con terceros. Es por ello que, en el año 1975, surge la idea de fundar una empresa semi-pública, bajo la forma de una Sociedad del Estado (Versino, 2006).

La idea fuerza con la que se concibe INVAP, como se mencionó previamente, tenía una fuerte raigambre en el pensamiento de Jorge Sábato. Más precisamente buscaba la creación de una “fábrica de tecnología” capaz de producir “paquetes tecnológicos” y guiada por objetivos

de bienestar social<sup>55</sup>. Pero también se perseguía una cuestión práctica: evitar que la burocracia estatal de CNEA constituyera un impedimento para que el PIA pudiera realizar acuerdos de transferencia de tecnología y servicios a la industria nacional (Hurtado, 2014).

Versino (2006) analiza la trayectoria socio-técnica de esta empresa desde sus orígenes hasta el año 2004<sup>56</sup>, planteando una clasificación de su evolución en 4 etapas temporales, periodización que se sigue en esta tesis a fin de describir dicha trayectoria. La primera fase comprende los años 1971 a 1976, y podría definirse como una etapa de gestación, en la cual si bien INVAP aún no está fundada se llevan adelante un conjunto de actividades en el marco del mencionado PIA del CAB-CNEA. Las actividades desarrolladas en este período tenían como objetivo generar, a partir del conocimiento de ingenieros y físicos no teóricos, la posibilidad de realizar transferencia de tecnología desde el seno de la CNEA a las industrias nacionales. Durante este período se trabaja sobre todo en el campo de la metalurgia y los semiconductores a partir de conocimiento científico e ingeniería disponible. Hurtado (2014) indica además que durante 1974, el PIA –a pedido de la CNEA- comienza el diseño de una planta de esponja de circonio que permitirá en años posteriores la fabricación de aleaciones para la construcción de elementos combustibles para centrales nucleares.

La segunda fase propuesta por Versino, abarca los años 1976 a 1984, tiene por hito fundacional la constitución de la empresa bajo la figura de una Sociedad del Estado y sus primeros años de funcionamiento, constituyéndose como una entidad diferenciada de la CNEA que va consolidándose como contratista del Estado Nacional, con una fuerte orientación como contratista en el sector nuclear. En esta etapa, INVAP se constituyó en “brazo ejecutor” de la CNEA (Versino, 2006: 99-106), y en ella el Estado Nacional es prácticamente el único cliente que tiene. Esta posición estaba fuertemente vinculada al Plan Nuclear Argentino, en cuyo marco la empresa llevaría a buen término la construcción de la planta de esponja de circonio (inaugurada en 1977), participaría en la construcción del reactor RA-6, y de la planta de enriquecimiento de Uranio por difusión gaseosa. Respecto a esta planta, Hurtado (2014) resalta el hecho de que, por tratarse de una tecnología sensible, la información disponible para

---

<sup>55</sup> Para un mayor detalle de los conceptos de “fábrica de tecnología” y “paquete tecnológico” puede consultarse Sábato y Mackenzie (2014 [1979]).

<sup>56</sup> Esta sección se basa fuertemente en el detallado trabajo de Versino (2006).

encarar la ingeniería y fabricación de la planta de enriquecimiento de uranio era casi inexistente más allá de su complejidad intrínseca, y además por el hecho de que, por las circunstancias de política internacional, este proyecto debió permanecer en el más absoluto secreto<sup>57</sup>. Otras tareas de la época implicaron actividades vinculadas a la minería y metalurgia extractiva, tratamiento de minerales, trabajo con materiales como las ferritas, y los primeros intentos por ingresar en el mercado de la medicina (de hecho se desarrollaron y vendieron procesadores de biopsias). Los desarrollos de esta época también fueron significativos puesto que comenzaron a desarrollarse capacidades en electrónica (INVAP SE, 2006), que permitieron desarrollos tales como la consola de operación de la planta de enriquecimiento de Uranio, que tenía capacidad para procesar 1024 señales analógicas (Hurtado, 2014), y que llegó a ser exportado posteriormente a EEUU y Corea del Sur<sup>58</sup>.

La tercera fase propuesta por Versino para caracterizar la historia de la empresa, se inicia hacia fines de 1984 y culmina alrededor del año 1989. Durante el año 1985, se inicia una nueva etapa signada por dificultades económicas en el país que implicaron una disminución sensible de las partidas presupuestarias asignadas a la CNEA, limitándose consecuentemente la posibilidad de realizar contrataciones a INVAP. Como consecuencia de estas cuestiones contextuales, que obligan a disminuir el grado de dependencia en las ventas hacia la CNEA, INVAP recurre al aprendizaje acumulado en las actividades desarrolladas desde sus orígenes, iniciando un proceso por el cual se constituiría en proveedora en mercados internacionales de productos vinculados al área de la tecnología nuclear o derivadas (como por ejemplo medicina nuclear), principalmente de países sub-desarrollados tales como India, Argelia, Rumania, Cuba e Irán. De esta manera, entre 1984 y 1988, la empresa se posiciona en un nicho de mercado específico (la venta de tecnología nuclear a países periféricos) y en el cual la estrategia se enfoca en el diseño a medida del cliente y la transferencia de tecnología.

---

<sup>57</sup> Más allá de estas dificultades, cabe mencionarse que en febrero de 1981 se lograrían las primeras muestras de Uranio-235 (enriquecido). Véase Hurtado (2014).

<sup>58</sup> Este desarrollo dio lugar a una marca, ELAPALM, acrónimo de Electrónica Aplicada al Misteriómetro. Un rasgo distintivo de la cultura empresarial de INVAP, señalado por Versino (2004) es la utilización de pseudónimos para referirse a sus productos: en este caso el “misteriómetro” era la planta de enriquecimiento de uranio, del cual muy poco personal tenía conocimiento de la totalidad del proyecto (Hurtado, 2014). En capítulos posteriores veremos que este rasgo cultural, por el cual se dota de cierta carga humorística el trabajo, continuaba presente al momento del desarrollo de radares en la empresa.

Este cambio de estrategia, sugiere la autora, estuvo asociado un aumento en la complejidad en la estructura organizacional, principalmente como consecuencia de la cantidad de proyectos que se llevaban adelante en forma simultánea. También implicó la generación de nuevas capacidades referidas a la “negociación de contratos internacionales, participación en licitaciones y organización de operaciones en el exterior” (Versino, 2006: 111) tales como el contrato para la construcción de un reactor en Argelia, y las ventas a India y Rumania de equipos para fabricación de combustibles nucleares.

En efecto, pese a esta modificación significativa en el patrón estratégico de INVAP, a fines de la década de 1980, la situación económica del país sumada a la cancelación del plan nuclear argentino, en el contexto del cambio en las prioridades de inversión del sector energético (Lugones, En prensa), condujeron a la empresa a una sustancial crisis entre los años 1989 y 1992 en la cual su propia existencia estuvo en riesgo. Paralelamente, en 1989 Menem asume la presidencia, adoptándose medidas económicas basadas en la ortodoxia del Consenso de Washington, que significaron un retraimiento del Estado (mediante la disminución del gasto público), se lleva adelante la privatización de empresas públicas y se produce una apertura de la economía.

A los efectos de la crisis económica en la que su había sumido la economía de Argentina a fines de la década de 1980, se sumaron los cambios en la política exterior de Argentina, iniciados en el gobierno de Menem a partir de los cuales se generó un nuevo alineamiento, en cuanto a política exterior, con los EEUU (Hurtado, 2014) en el marco del llamado “realismo periférico” por el cual el país dejaba de lado su “vocación autonomista” (Vera *et al.*, 2015: 335). Los EEUU abogaron por la cancelación de contratos que INVAP había firmado con el gobierno de Irán<sup>59</sup>, así como también para que Argentina abandonara su proyecto de producción de vectores Cóndor II<sup>60</sup>. Cuando Menem cedió a las presiones de EEUU (Hurtado, 2014), la situación de la empresa pasó a ser delicada puesto que a la situación macroeconómica desfavorable y la cancelación del Plan Nuclear argentino, se sumó la

---

<sup>59</sup> Entre los más significativos se hallaban uno vinculado al redimensionamiento de un reactor nuclear y otro a la construcción de una planta de fabricación de elementos combustibles. Véase Hurtado (2014), particularmente las páginas 269-270 y 279.

<sup>60</sup> Respecto al desarrollo del Cóndor II en particular, véase Blinder (2009) y Barcelona y Villalonga (1992).

cancelación de los contratos con Irán. La nueva situación contextual, requeriría la adecuación de la estrategia empresarial, enfocada hasta ese momento principalmente en el sector nuclear, lo cual conllevó a un achicamiento de la estructura, que llegó a estar compuesta por tan solo 329 empleados en 1992, cantidad mínima si se la compara con los 1059 de 1988<sup>61</sup>. Esta disminución significativa de la nómina tuvo también un correlato en la estrategia empresarial, que debió orientarse a la supervivencia, y que en ese contexto comenzaría su diversificación hacia el área espacial (Versino, 2006: 172-173). Esta fase, signada por la crisis, la autora la data entre los años 1989 y 1991.

Superada la crisis inflacionaria, existían pocas probabilidades de que INVAP volviera a su antiguo rol de proveedora de tecnología nuclear en el marco del plan nuclear argentino. Sin embargo, a partir de 1992, el área nuclear de INVAP obtiene importantes contratos que implicaban la exportación de esta tecnología. Así se consigue ganar la licitación para la construcción de un reactor nuclear llave en mano a Egipto (consecuencia de una licitación de 1990), la venta de dos plantas de elementos combustibles, una a Argelia y otra a Egipto (1999), y a partir del año 2000, la construcción en Australia de un reactor de investigación. Asimismo, en nuestro país, en 1991, se crea la CONAE recibiendo el proyecto espacial argentino un nuevo impulso<sup>62</sup>. Esta agencia sería dirigida a partir de 1994 el Dr. Conrado Varotto, quien fuera uno de los fundadores y *alma mater* de INVAP, y al no existir en el país empresas dedicadas a proveer insumos para el área espacial, la CONAE recurre a INVAP como proveedora de tecnología.

La actividad se afianzó, en parte, gracias a la firma de un convenio de cooperación con la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) de los EEUU para la fabricación

---

<sup>61</sup> Hasta el año 2003, la cantidad de empleados continuaba aún debajo de las 400 personas según datos de Versino (2004).

<sup>62</sup> Antes de la creación de la CONAE, existieron distintos proyectos y desarrollos vinculados al acceso al espacio: en el marco de las actividades desarrolladas por la Dirección Nacional de Fabricaciones e Investigaciones Aeronáuticas (DINFIA) fueron realizadas pruebas vinculadas a la utilización de combustibles sólidos en propulsores desde el año 1957. A su vez, el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales (IIAE) realizaba ensayos con cohetes (Alfa y Beta Centauro) durante 1961 y se tenían planes para la fabricación de cohetes-sonda durante los siguientes 15 años. También, la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE), dependiente de la FAA había llevado a cabo pruebas con cohetes desde Chimal, llegando incluso a hacer lanzamientos en los EEUU, en noviembre de 1964, a fin de estudiar el vuelo de cohetes Orión, en el marco de un convenio de colaboración con la NASA (Hurtado, 2010). El proyecto Cóndor II, proyecto de génesis y carácter militar impulsado por la FAA, fue una continuación de experiencias previas. Vera *et al.* (2015) presentan una síntesis de la historia de la actividad aeroespacial argentina.

de un satélite con fines científicos, y que daría lugar al desarrollo del satélite SAC-B (INVAP SE, 2006). El inicio del desarrollo de satélites implicó que INVAP se constituyera nuevamente en proveedora de tecnología intensiva en conocimiento para el Estado, en una etapa en la que, paradójicamente, buscaba achicarse. Asimismo, esta oportunidad se dio en el marco de la restricción para la transferencia de tecnología nuclear a Irán por parte de los EEUU, pero recibiendo Argentina, a su vez, apoyo de este país para el desarrollo de la industria satelital.

El período transcurrido entre 1992 y 2005 (última fase descripta por Versino), la autora lo caracteriza como de “pragmatismo empresarial orientado a la búsqueda de nuevos negocios”, impulsada por la necesidad de supervivencia y fuertemente sustentada en la confianza de la empresa para encarar nuevos proyectos. A su vez, dicha confianza fue *in-crescendo* en la medida que los proyectos llave en mano iban siendo exitosos desde una perspectiva técnica (Versino, 2006). También fue una suerte de hito de esta época el cambio sustancial en la estrategia de la empresa que se vincula con una flexibilización del dominio del ciclo completo de tecnologías imperantes hasta la etapa anterior, aceptándose la conveniencia de comprar ciertas tecnologías. De esta forma, durante la década de 1990 se va desarrollado en los niveles jerárquicos de INVAP un concepto de “versatilidad de la empresa”, que, además de implicar un cambio de estrategia al abandonar INVAP la posición de proveedora del sector nuclear, reconocía que aquello que caracterizara a la firma debía ser la capacidad de lograr, en palabras de un directivo de la empresa:

*“soluciones tecnológicas basadas en desarrollos de software, hardware, química, sistemas de control (...) Surge el concepto de actividades en diversas áreas de negocio. Se rompe la inercia previa referida al sector nuclear, con el inicio de la actividad espacial. Se lleva adelante la cultura del “se puede” desarrollar, que sumada a las capacidades en ciertas áreas técnicas, permitía pensar en el inicio de áreas nuevas. Entonces cuando Argentina cede a las presiones de EEUU por el plan Cóndor, los gobiernos firman un acuerdo de colaboración en la actividad espacial. Se inician las actividades en Villa Golf<sup>63</sup> y luego del inicio de la actividad aeroespacial se desarrollan*

---

<sup>63</sup> El entrevistado hace referencia a las instalaciones que INVAP posee en la zona del Hotel Llao Llao, en la ciudad rionegrina de San Carlos de Bariloche.

*áreas nuevas, las cuales se relacionan con la creación del área de Nuevos Negocios.”*  
(Entrevista a Fuente 1, 2014b).

Según esta misma fuente, el inicio del trabajo en estas nuevas áreas se daba en un contexto de cambio en INVAP: luego de los primeros 15 años de trabajo orientado prácticamente en su totalidad al área nuclear, en el cual se buscaba realizar diversificaciones relacionadas dentro de esa área, la alta gerencia pasó a un concepto de “versatilidad de la empresa”, donde se ponía el foco en desarrollar una cultura en la que la capacidad de lograr soluciones tecnológicas fuera el distintivo principal de la empresa. En esta época, surge con fuerza el concepto de desafío, que da fuerza y moldea la cultura actual de la empresa: se puede hacer cualquier desarrollo, solo falta dinero o tiempo (Fuente 10, 2011; Fuente 1, 2014b).

Seijo y Cantero (2012) plantean que la que capacidad de INVAP de incursionar en nuevos sectores basado en el desarrollo exitoso de soluciones para áreas tan disímiles como la nuclear, la espacial, es posible gracias a la existencia de capacidades dinámicas (Eisenhardt y Martin, 2000) que fueron desarrollándose a lo largo de la trayectoria socio-técnica de la firma. Estas capacidades dinámicas pueden entenderse como conjuntos de conocimientos, prácticas y saberes (no solo de carácter operativo), que para el caso de INVAP se vinculan a áreas tan diversas como: electrónica, análisis estructural, guiado y control, cálculo térmico, desarrollo de software y mecanizo de precisión, y que al recurrir a las mismas, permitieron a la empresa encarar el desarrollo de nuevos productos que a su vez posibilitaron la entrada a nuevos mercados, por ejemplo, partiendo de capacidades generadas para la industria nuclear, incursionar en el área espacial diseñando y fabricando satélites.

El aumento de la complejidad estructural de la empresa, en la medida en que se fueron ampliando las áreas de negocios derivó en la constitución de una estructura matricial (véase Mintzberg, 1991) de forma tal que el acceso a los “servicios” clave, es decir aquellos saberes contenidos en las capacidades dinámicas, se ve facilitado por la misma estructura organizacional. A su vez el uso de dispositivos de enlace (Mintzberg, 1991), referidos por Seijo y Cantero como “posiciones pivot”, posibilitó la adaptación de experiencias previas de utilización de saberes de un tipo de producto a otros. Por ejemplo: si bien el cálculo térmico o estructural, es utilizado tanto para el diseño de reactores nucleares como de satélites, la

aplicación implica la necesidad de adaptar las pericias desarrolladas de cara a la solución de problemas de un área determinada a otra.

Hacia el año 2001, la empresa INVAP comenzaba el diseño y construcción del reactor OPAL en Australia. Si bien el área Nuclear implicaba un importante volumen de trabajo en ese momento, la empresa ya tenía unos 10 años de experiencia en el área Espacial habiendo construido, en cooperación con agencias extranjeras tales como la NASA (EEUU), ASI (Italia), CNES (Francia) y AEB e INPE (Brasil), los satélites de fines científicos SAC-A, SAC-B y SAC-C, que ya habían sido puestos en órbita. INVAP también contaba con un área llamada “Gerencia Industrial” dedicada a desarrollar herramientas especiales para la industria del petróleo, servicios de apoyo para la prospección, además se estaban desarrollando los primeros generadores eólicos, y -en Buenos Aires- existía un área dedicada a medicina nuclear (INVAP SE, 2006; CONAE, 2016).

Se puede decir que a lo largo de su existencia hasta el año 2001, INVAP había desarrollado diversas áreas de negocio vinculadas todas ellas a productos intensivos en conocimiento, en las áreas nuclear, espacial y gobierno, industrial y energías alternativas, y TICs y servicios Tecnológicos. Más allá de los productos en sí mismos, un resultado sumamente significativo, al interior de la firma, fue la generación de capacidades dinámicas que, procesos de adaptación mediante, permiten la reutilización de conocimientos que fueron adquiridos y desarrollados en la solución de diversas necesidades tecnológicas.

## **6.2 Primeros desarrollos de radares en INVAP: el radar de apertura sintética del satélite SAO-COM**

En el año 1998 la CONAE, en colaboración con la Agencia Espacial Italiana (*Agenzia Spaziale Italiana*, ASI), emprende el diseño y fabricación de una constelación de satélites llamada SIASGE (Sistema Italo-Argentino de Satélites para Gestión de Emergencias), integrada por satélites argentinos SAO-COM (Satélite Argentino de Observación Con Microondas) e italianos COSMO-SkyMed. A fin de poder llevar adelante este proyecto en nuestro país se requería del trabajo mancomunado de diversos organismos, entre los que se encontraban la CONAE, la CNEA, el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), INVAP y algunas universidades argentinas (CONAE, 2014).

En este contexto se encarga a INVAP parte del diseño e integración de los satélites gemelos SAO-COM 1A y 1B (en adelante se hará referencia en forma indistinta a estos satélites como SAO-COM), cuya principal carga útil estará constituida por un Radar de Apertura Sintética (SAR, por su sigla en inglés) de banda L. Este tipo de radares tienen por fin analizar información provista por el rebote de las ondas en una superficie y obtener información referida a cuestiones como humedad del suelo, topografía, relieve, presencia de cobertura vegetal, etc. con fines científicos (Fuente 1, 2014b).

La CONAE contrataba a INVAP para desarrollar la electrónica central del SAR (emisión de pulsos) y su modelo de operación, así como también el diseño y desarrollo de la estructura en fibra de carbono, necesaria para dar cabida a todos los componentes del satélite (INVAP SE, 2014b). Pese a la existencia de aquellas capacidades dinámicas previamente mencionadas, el embarcarse en la construcción de los satélites SAO-COM fue un desafío sustancial, si se tiene en cuenta que se requería el desarrollo de conocimientos referidos a radares, un área tecnológica en la cual la empresa nunca había incursionado. Un alto funcionario de la empresa expresaba este aspecto de la siguiente manera: “En esa época no se tenía experiencia en radio frecuencia. Sí existía experiencia en transmisión y receptores (de banda X) para control de satélites. Pero en esos casos se trataba de dispositivos comprados: se había decidido no desarrollar esta tecnología, dado que la fabricación de los primeros satélites era un desafío en sí mismo, al igual que el desarrollo de las cámaras de alta definición, infrarrojas, etc.” (entrevista a Fuente 1, 2014a).

La contratación realizada por la CONAE generaba en INVAP la necesidad de recurrir a técnicos que tuvieran conocimientos específicos a fin de desarrollar un radar similar a otros ya existentes en el mundo (Fuente 1, 2014b). Sin embargo, la capacidad técnica en INVAP con respecto a radio frecuencias (RF) era muy limitada, por lo cual resultaba imperioso la contratación de ingenieros con formación adecuada. Hacia el año 2000, un ingeniero con experiencia en radio frecuencias, junto con 3 técnicos en electrónica que habían trabajado en el satélite SAC-C, conformaron el primer grupo de radar que estaba dirigido por un ingeniero en telecomunicaciones con más de 10 años de antigüedad en la empresa. A fin de iniciar los desarrollos, se comienza a formar al personal en el tema participando en congresos y cursos, y comprando bibliografía específica (Fuente 1, 2014b; Fuente 3, 2014a). En las primeras

aproximaciones a la materia fue sustancial la ayuda de un ingeniero *senior* (que era referente en circuitos para detección de radiaciones ionizantes) quien había hecho su carrera en CNEA y trabajado en INVAP. Esta persona se dedicó a estudiar la formación de imágenes en el SAR a fin de presentar el tema, por medio de charlas, a los integrantes del equipo (Fuente 3, 2014a).

Una vez que el diseño y construcción del satélite SAO-COM fue asignada a INVAP, y cuando la empresa debía comenzar a trabajar a fin de entregar las partes comprometidas en tiempo y forma, surgió la dificultad de que los científicos externos a la empresa que debían definir parámetros concernientes a ciertos requerimientos técnicos no lograban establecer un acuerdo. Por este motivo, hacia el año 2000, los directores del proyecto en INVAP deciden comenzar el desarrollo a riesgo de los componentes aún no definidos, pero que se sabía que serían necesarios. Sin embargo, al no contarse con una definición detallada de las prestaciones exactas que deberían cumplimentar se decidió avanzar con la ingeniería básica de cada bloque, dotando con las prestaciones máximas que fuera posible a estos dispositivos. De esta forma, se buscaba que *a posteriori* estos componentes fueran adaptables a las necesidades que finalmente se solicitaran (Fuente 3, 2014a). Alguno de los desarrollos realizados para el satélite SAO-COM, posteriormente resultaron claves para la fabricación de los radares, particularmente el Generador de Señales y Sincronismos<sup>64</sup> y el Módulo T/R (Transmisor / Receptor de ondas de radio).

Tiempo después, cuando INVAP había logrado desarrollar un Módulo T/R, ISA, la contraparte italiana en el desarrollo del SIASGE, ofreció a CONAE que se compraran y utilizaran módulos T/R de fabricación italiana. Pese a que este desarrollo de INVAP no fue finalmente incluido en el satélite, el mismo no fue en vano, puesto que el módulo T/R fue posteriormente utilizado, para los radares primarios (Fuente 3, 2014a).

Los primeros desarrollos del SAR hechos para su utilización en el satélite SAO-COM tendrían, con posterioridad, un rol fundamental en acotar los tiempos de diseño y fabricación de componentes de los radares secundarios, que se encararían a partir del año 2003, puesto que

---

<sup>64</sup> El generador de señales y sincronismos es un dispositivo que permite sintetizar la forma de la onda que se emite, y una vez que se recibe el rebote, al contrastar la onda emitida con la que llega, permite determinar que hay una recepción, es decir un eco de la señal (donde hay picos de correlación). Este dispositivo, al permitir programar exactamente la forma de la onda que se emite, permite hacer variaciones de frecuencias en el espectro a fin de evitar frecuencias que interfieran en la señal utilizada (Fuente 3, 2014a).

muchos de los mismos, realizados con carácter experimental, luego serían reutilizados. A su vez estos desarrollos fueron produciendo un *stock* de conocimientos que sentaron las bases para generar nuevas capacidades dinámicas que, con el correr del tiempo, facilitarían las actividades de diseño y fabricación de radares<sup>65</sup> (Fuente 1, 2014b).

### 6.3 Capacidades dinámicas como base para el desarrollo de radares

Desde una perspectiva de las capacidades involucradas en el diseño y desarrollo de radares, primero el RSMA y luego del RPA, fueron posibles tanto gracias al *stock* de capacidades disponibles en la empresa (las cuales en algunos casos residían en los diversos servicios<sup>66</sup>), y a otras que se debieron desarrollar. Cabe mencionarse que aquellas capacidades descritas por Seijo y Cantero (2012), preexistentes al inicio de los trabajos con radares, fueron de gran utilidad para estos desarrollos: electrónica, análisis estructural, modelística (que incluye cálculo térmico) desarrollo de *software* y mecanizado especial de piezas (Fuente 7, 2014).

Sin embargo, la recombinación de los saberes implícitos en estas capacidades *per-se*, no alcanzaban para generar un radar. En este sentido, la Fuente 1 (2014b) menciona que al inicio del desarrollo del RSMA era necesario profundizar y desarrollar conocimiento específico en radio frecuencia, a fin de poseer la capacidad de comprender la propagación electromagnética, puesto que el principio de funcionamiento de los radares se basa en este fenómeno. Asimismo la comprensión y dominio del proceso de transmisión-recepción-decodificación de ondas de radio, fue un aspecto a desarrollar al interior de la empresa para ser aplicado tanto en el RSMA, como en el RPA. Finalmente, si bien la empresa tenía una vasta experiencia en desarrollo de software, también debió profundizar en el desarrollo de software de procesamiento de señales, es decir, aquel que permitiría procesar los datos recibidos a fin de generar información a partir de ellos.

---

<sup>65</sup> Según Fuente 1 (2014b), si no se hubiera contado con esta experiencia previa en SAR del SAOCOM, el desarrollo de radares secundarios habría tomado mucho más que los 5 años que finalmente tomó.

<sup>66</sup> En INVAP, con el término “servicios”, se hace referencia a aquellas áreas que se constituyen en proveedoras internas de soluciones para los proyectos que se llevan a cabo. Estos “servicios” suelen ser llamados áreas de *staff* en la literatura de administración. Véase, por ejemplo Mintzberg (1991).

La estrategia seguida para adquirir capacidades en estas disciplinas, según refirió Fuente 7 (2014), se basó en tres mecanismos para adquirir conocimiento específico aplicable a radares: lectura de literatura científica, asistencia a congresos y cursos, y –finalmente- la contratación de ingenieros *senior*.

En primer lugar, la lectura de literatura científica y bibliografía sobre la temática, fue fundamental, sobre todo, cuando se comenzó a trabajar con los desarrollos iniciales de la temática, si bien, cabe aclarar, ya se había avanzado por este camino a fin de desarrollar el SAR del SAO-COM. Luego, también se recurrió a la capacitación de empleados mediante la realización de cursos tanto internos en la empresa como externos, ya sea en el país -como por ejemplo cursos brindados por docentes investigadores de la Universidad Nacional de La Plata referidos a procesamiento de señales- como en el extranjero. Otra forma de tomar un contacto en profundidad con el mundo de los radares y su tecnología fue la asistencia a congresos sobre temáticas vinculadas a la tecnología en sí: radares, propagación de ondas de radio, radio frecuencia, etc. Con el tiempo esta práctica perduró de forma tal que cada año concurren entre 5 y 10 personas a realizar cursos de tecnología radar a la Universidad Georgia Tech, de EEUU (Fuente 7, 2014), complementándose luego de cada curso con la difusión local de los conocimientos adquiridos.

Según uno de los ingenieros entrevistados, la ventaja de la asistencia a los cursos y congresos en el exterior se vincula principalmente con la posibilidad de traer ideas nuevas, así como también el tomar contacto con expertos de otros países, más allá de la motivación que la participación en el curso en sí genera en los asistentes (Fuente 8, 2014). También es necesario resaltar el hecho de que la asistencia a cursos internacionales, fue significativa a fin de comprender la importancia relativa de las temáticas que aparecían en la literatura científica, al analizar los temas más importantes de los congresos y al permitir establecer contacto directo con expertos (Fuente 7, 2014).

Finalmente, otro recurso utilizado por la empresa fue la contratación de ingenieros, particularmente en telecomunicaciones, ya fueran jóvenes recién recibidos como *seniors*, estos últimos de sustancial importancia en los momentos iniciales, que permitieran crear una masa crítica capaz de enfrentar las tareas vinculadas al diseño, desarrollo, integración e instalación de los radares (Fuente 3, 2016). Respecto al caso de estos ingenieros *seniors*, hubo dos

incorporaciones que han sido señaladas como clave por Fuente 3 (2016) y que por ello cabe mencionar brevemente su área de expertise. Uno de ellos es un experto en radiofrecuencia e instrumentación, que había trabajado tanto en el ámbito académico como privado, y que ingresó a la empresa en el año 2000 para trabajar en el satélite SAC-C. Posteriormente, con los primeros contratos para el desarrollo de radares, pasó a formar parte del grupo encargado de estos desarrollos, donde llegó a cumplir un rol fundamental en el diseño de las antenas (Fuente 8, 2014; Fuente 3, 2016). El otro ingeniero, un experto en procesamiento de señales que se incorporó a la empresa en 2004, para trabajar en el desarrollo de radares y que anteriormente se desempeñaba en la Universidad Nacional de La Plata, habiendo trabajado en laboratorios de ingeniería y de informática (Fuente 7, 2014).

Las fuentes consultadas coincidieron en que los conocimientos adquiridos de estas maneras, significaron con el tiempo la constitución de nuevas capacidades dinámicas que tuvieron su origen en la necesidad de avanzar con el diseño y fabricación de radares: i) el conocimiento de radiofrecuencia, particularmente la comprensión de la propagación electromagnética; ii) el proceso de transmisión-recepción-decodificación de ondas de radio (que se vincula la generación y procesamiento electrónico de señales y con el diseño y funcionamiento de las antenas); y iii) el desarrollo de software de procesamiento de señales, que complementa el procesamiento electrónico y que permite el trabajo con los datos obtenidos.

Adicionalmente, del análisis de los trabajos previos sobre INVAP (particularmente Versino, 2006, y Seijo y Cantero, 2012) y del análisis del caso, se infiere que también fue necesaria la utilización de otro tipo de capacidades pre-existentes al inicio del desarrollo de radares y que por su naturaleza en esta tesis se propone denominarlas meta-capacidades. Las mismas se pueden definir como aquellas que brindan a la organización un marco para que pueda disponer del conjunto de las capacidades dinámicas de carácter operativo (como las identificadas previamente por Seijo y Cantero) para el desarrollo de nuevos productos tecnológicos. Las meta-capacidades identificadas en esta investigación son (i) la evaluación estratégico-prospectiva, (ii) la solvencia financiera, (iii) la capacidad de interacción con clientes, (iv) el aprendizaje orientado a la acción y (v) capacidad de acción a nivel gubernamental, y son detalladas a continuación:

(i) Se trata de los procesos organizativos mediante los cuales los niveles superiores de INVAP deciden la pertinencia de la diversificación estratégica hacia nuevos productos o procesos tecnológicos. Esta capacidad de evaluación estratégico-prospectiva se debe comprender como desarrollada gracias a -y la vez dependiente de- la trayectoria socio-técnica de la empresa (*path-dependent*). Puede ser caracterizada como un conocimiento tácito, no codificable, de carácter estratégico y residente en los niveles directivos en una base no-individual, es decir, que constituye un conocimiento grupal que requiere de la interacción inter-subjetiva.

(ii) En segundo lugar la capacidad financiera de la empresa, que permitió en este caso encarar el desarrollo a riesgo de INVAP, primero del RSMA y luego del RPA. Esta capacidad puede caracterizarse como originada en cuestiones coyunturales, particularmente la disponibilidad del flujo de fondos producido por la venta del reactor OPAL a Australia, a lo cual se le sumó el impacto financiero de la devaluación posterior al fin de la convertibilidad entre el peso argentino y el dólar estadounidense a fines del año 2001. Esto permitió que el flujo de divisas de dicho proyecto pudiera ser transformado a pesos paulatinamente, evitando la pérdida de poder adquisitivo de la moneda argentina.

En este sentido, la disponibilidad de fondos propios permitió a INVAP contar con los grados de libertad necesarios para tomar la decisión de desarrollo de radares secundarios a riesgo propio: si el proyecto fracasaba el costo sería afrontado por la empresa. En caso de éxito, la FAA le compraría los radares secundarios, y/o eventualmente podrían ser vendidos a terceros países. En este sentido, la disponibilidad coyuntural de liquidez por parte de INVAP, constituyó una base fundamental a fin de tomar la decisión de invertir en el desarrollo de esta tecnología. Si se hubiera dependido de financiamiento externo, difícilmente se hubiera desarrollado un área de negocios nueva y tan específica a la vez.

(iii) La capacidad de interacción con diversos tipos de clientes, a fin de poder llevar adelante desarrollos de tecnología a medida. Esta capacidad es uno de los rasgos distintivos de las operaciones de la empresa y ha sido resaltada en reiteradas ocasiones tales como las ventas de tecnología nuclear a Egipto, Argelia y Australia, o los primeros satélites integrados con componentes provistos por la NASA (INVAP SE, 2006). En el caso de los radares, esta

capacidad fue doblemente ventajosa: tanto para INVAP como para la FAA, tal como se analizará más adelante.

(iv) Capacidad de aprendizaje orientado a la acción, es decir, el aprendizaje no queda solo en el conocimiento teórico y en el caso analizado reside en los ingenieros y tecnólogos de INVAP. Este rasgo distintivo de la empresa, es demostrativo de que no se trata de un laboratorio, sino de una fábrica de tecnología (siguiendo la conceptualización de Sábato y Mackenzie, 2014 [1979]). Sin embargo, en este caso es necesario aclarar que esta capacidad no se basa en algún tipo de proceso formalizado o rutina de gestión del conocimiento explícita por la cual existen procedimientos de aprendizaje organizacional. Por el contrario, se trata de una rutina arraigada en la cultura empresarial y que puede vislumbrarse como constitutiva de una parte del proceso de inducción de los nuevos empleados, de carácter informal y dependiente, en gran medida, de la capacidad de cada uno de los trabajadores ya sean los que se incorporan, como de aquellos que tienen una mayor antigüedad en la empresa<sup>67</sup>. Esta rutina implica que, al no existir una instancia de enseñanza-aprendizaje formal, los nuevos ingenieros comienzan sus labores estudiando sobre la tarea que deberían realizar e interactuando con otras personas ya interiorizadas en ésta, ya sean jefes o colegas, que los acompañan, orientan y, llegado el caso, les enseñan durante sus primeros tiempos en la empresa (Fuente 8, 2014).

(v) Teniendo en cuenta la naturaleza de los productos que ofrece la empresa (y por ende, de los mercados en los que opera) y cómo las condiciones de contexto político, económico y de relaciones internacionales los afectan, puede afirmarse que la trayectoria estratégica de la empresa presenta fases de expansión y de contracción. Las fases expansivas estuvieron fuertemente vinculadas a la ejecución de contratos acordados con el Estado Nacional (sector nuclear, sector aeroespacial), o bien a ventas a otros países, como en los casos de los reactores de investigación o de las plantas llave en mano.

Dentro del primer caso (ventas al Estado Nacional), por regla general las mismas han estado vinculadas a la ejecución de políticas públicas impulsadas por el Estado Argentino que

---

<sup>67</sup> Recién en el año 2013 la empresa emprendió la labor de realizar un mapa de conocimiento, como primera medida tendiente a comenzar a gestionar el conocimiento. Dentro de esa iniciativa, también se comenzó a formalizar el plan de carrera. Estas innovaciones de gestión fueron motivadas, principalmente, por el crecimiento en el número de personal empleado (Fuente 11, 2014).

propendieron al desarrollo nacional de tecnologías, tales como es el caso del Plan Nuclear Argentino, el Plan Espacial Nacional, o como se detalla más adelante, el SINVICA. En todos estos casos, cabe señalarse la existencia de un factor común que fue el grado de participación en la ejecución de esas políticas públicas tecnológicas logrado por INVAP en tanto comitente de los desarrollos, como consecuencia del tipo de tecnologías que podía ofrecer y, por ende su rol, sino central al menos, facilitador de la ejecución de estas políticas públicas, o de “dinamizadora” de las mismas, tal como lo caracteriza Versino (2006: 192).

Por ello, cabe suponerse que esta centralidad en la ejecución de políticas públicas de fuerte carácter tecnológico, le valieron a las máximas jerarquías de la empresa la posibilidad de establecer relaciones con funcionarios y políticos nacionales vinculados al ciclo de las mismas, más allá del signo político del gobierno de turno. De esta manera, INVAP a lo largo de su trayectoria socio-técnica se constituyó en un actor activo en diversas coaliciones de causa referidas a políticas públicas de carácter tecnológico, y por ello se considera que la capacidad de acción política a nivel gubernamental también constituye una meta-capacidad dinámica de la empresa.

## **6.4 Conclusiones del capítulo**

Las capacidades dinámicas que fueron desarrollándose a lo largo de la trayectoria socio-técnica de la empresa constituyen factores que permitieron generar diversos tipos de productos tecnológicos. Desde un punto de vista ideológico de la estrategia, la orientación antidependentista hacia el desarrollo soberano que imperaba en el grupo fundador, alineado con el pensamiento de Jorge Sábato, y que orientó a la empresa durante sus primeros años, con el tiempo fue paulatinamente mutando hacia otra de carácter más “capitalista”, según Versino (2006), ligada a una lógica de conseguir, a partir de las capacidades existentes, negocios vinculados con clientes internacionales. Este proceso de cambio en la orientación de la estrategia de INVAP estuvo relacionada a la necesidad, netamente pragmática, de la empresa de asegurar su supervivencia, cuando el Plan Nuclear argentino fue paulatinamente dejándose de lado en la década de 1980 y comienzos de la de 1990.

Puesto que la trayectoria socio-técnica de la empresa comenzó con la oferta al Estado nacional de soluciones tecnológicas vinculadas a la industria nuclear, cuando esto no fue

posible, el rumbo estratégico que se tomó implicó la diversificación ya sea geográfica, buscando oportunidades de negocios a nivel mundial, o bien, la diversificación en otros productos tecnológicos. Si bien la primera estrategia fue seguida particularmente en el caso de desarrollos vinculados al área nuclear, la segunda fue posible gracias a la acumulación de capacidades dinámicas tales que han posibilitado, a nivel operativo, el diseño y desarrollo de bienes intensivos en conocimiento (como los satélites en un primer momento y luego los radares, los cuales serían a su vez habilitadores de la generación de nuevas capacidades dinámicas).

Sin embargo, en el análisis realizado en este capítulo se ha mostrado la existencia de un grupo de meta-capacidades, término que, como se ha planteado, fue acuñado específicamente a los fines de poder explicar cabalmente el caso descrito en esta tesis. De esta manera, la evaluación estratégico-prospectiva, la solvencia financiera, la capacidad de interacción con clientes, el aprendizaje orientado a la acción y la capacidad de acción política a nivel gubernamental, han sido habilitadoras, en el sentido de generar y aprovechar oportunidades, así como también facilitar tanto la aplicación del conjunto de las capacidades dinámicas de carácter operativo como las descriptas por Seijo y Cantero (2012), como de otras nuevas que se adquirieron específicamente para el diseño y fabricación de radares y que posteriormente tendrían otras aplicaciones.

Respecto a la capacidad de Aprendizaje orientado a la acción, la misma reside en el cuerpo de “ingenieros flexibles” (Versino, 2006: 212) que posibilitan la acumulación de otras capacidades dinámicas de carácter operativo, que redundan en las competencias centrales desarrolladas por INVAP a lo largo de su trayectoria empresarial. Por otro lado, las otras meta-capacidades descriptas en este capítulo tienen un carácter estratégico vinculado a la implementación de estrategias de diversificación en las tecnologías desarrolladas por la empresa, y por tanto están vinculadas a la dirección de la empresa que, a partir de su rol decisorio, genera nuevas estrategias vinculadas al desarrollo tanto de nuevos mercados como de nuevos productos, como forma de adaptación a las cambiantes condiciones del ambiente político-económico argentino, así como también en su rol de evaluadores y decisores del desarrollo de nuevos productos tecnológicos.

Ahora bien, el alto grado de dependencia respecto al rumbo que las políticas públicas de carácter tecnológico toman en nuestro país y/o a la adjudicación de contratos en el marco de licitaciones internacionales, hacen que exista en INVAP una persistente incertidumbre respecto a la obtención de nuevos proyectos que permitan mantener, sino la continuidad de la empresa al menos, de la fuentes laborales<sup>68</sup>. Es por este motivo que tanto la diversificación de tecnologías como de productos ofrecidos a lo largo de la trayectoria socio-técnica de la empresa, gracias al aprovechamiento de las capacidades dinámicas, es un aspecto que fue adquiriendo mayor relevancia en la medida en que la empresa creció en tamaño. De esta manera, la trayectoria socio-técnica de INVAP, signada por la necesidad a lidiar con altos grados de incertidumbre en épocas en que estaba próxima la finalización de grandes proyectos, o aquellas en las que ocurrieron cambios en las condiciones del entorno (tales como fue en su momento la cancelación del Plan Nuclear Argentino), tuvo un correlato en su estrategia, la cual, gracias al desarrollo de capacidades dinámicas, pudo ser orientada a la diversificación del tipo de soluciones de carácter tecnológico que brinda la empresa.

De esta manera, hacia el año 2003, se crea en el seno de INVAP el área de Gobierno, Seguridad y Defensa, que respondía a la conjunción de la experiencia previa de la empresa referida a las áreas nuclear y aeroespacial, y vinculadas a diversas capacidades dinámicas. Dentro de esta nueva área se comienza a incursionar en nuevos proyectos vinculados a control de recursos pesqueros, sistemas de control fiscal, sistemas de comunicación digital, equipamiento para vigilancia búsqueda y rescate, y sería la encargada de llevar adelante el desarrollo de radares de control de tráfico aéreo en un primer momento, y de control del espacio aéreo posteriormente.

En el próximo capítulo se analiza la co-creación entre sociedad y tecnología, a partir del enfoque de coaliciones de causa y el análisis de las capacidades dinámicas. Para ello, primero se repasará la situación de la radarización al año 2001 en Argentina, para explicar el contexto en el que surgen los contactos en FAA e INVAP.

---

<sup>68</sup> Cabe mencionarse que puesto que por estatuto el gobierno de la provincia de Río Negro, dueño de la empresa, no pueda echar mano de las utilidades, las mismas son reinvertidas en la empresa. Por ello INVAP cuenta con una ventaja respecto a otras empresas, en tanto que los propietarios de éstas buscan obtener un rédito gracias a los dividendos que cobran, en caso de que el ejercicio económico haya dado ganancias.

Posteriormente se analiza cómo se inicia el desarrollo de radares secundarios y luego, cómo la política pública de radarización es modificada, a fin de que el desarrollo nacional de los radares formara parte integral de la misma, analizándose este tema desde la perspectiva del aprendizaje y el cambio de creencias de los actores que constituyen una coalición de causa. También se presentarán en forma sucinta las principales características de los Radares Secundarios Monopulso Argentino (RSMA) y los diversos modelos de evaluación tecnológica que se construyeron hasta lograr el desarrollo final de Radar Primario Argentino de Largo Alcance 3D (RPA-LA 3D).

# Capítulo 7      Desarrollo nacional de radares

Como se ha explicado previamente, en Argentina la FAA ha sido históricamente la encargada del control del tráfico y del espacio aéreo. En ese sentido, se constituyó en el principal actor responsable de la política de radarización argentina, y para el cumplimiento de ese rol se basó históricamente en la compra de material desarrollado por empresas extranjeras. Tanto la actividad referida al uso y mantenimiento de radares, como a la generación de pliegos de licitaciones y su evaluación, permitieron a lo largo de su trayectoria el desarrollo de capacidades tendientes a cumplir con estos objetivos. Por su parte, INVAP había ido desarrollando otro tipo de capacidades que le permitían afrontar el desarrollo de tecnologías así como también actuar a nivel político, de forma tal que, a lo largo de su trayectoria socio-técnica, fue constituyéndose en un actor recurrente en la ejecución de diversas políticas tecnológicas en Argentina. Sin embargo, fue necesario el establecimiento de contactos entre ambas instituciones a fin de que se comenzaran a desarrollar radares secundarios y primarios en Argentina.

Este capítulo explica cómo el desarrollo de radares en Argentina entre 2003 y 2015 es un caso de co-creación entre sociedad y tecnología. La dificultad inherente a esta conceptualización es que no es posible explicar el desarrollo de uno sin la otra, y viceversa. De esta manera en el capítulo se analizan distintas dimensiones vinculadas al desarrollo de radares

en forma separada, realizándose una integración de todas ellas para en las conclusiones. Para ello se comienza con una exposición sobre el estado de la radarización en el año 2003, momento en el cual se iniciaron los contactos entre FAA e INVAP. Luego se analiza el modo en el que se estableció dicha relación y cómo la complementación de las capacidades de estas dos organizaciones fue fundamental en el proceso de diseño y fabricación de radares.

A continuación se describe el Decreto 1407/04, que dio origen SINVICA, y se explica dicho plan en el marco de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (PCTI) durante los gobiernos kirchneristas, correspondientes al período 2003-2015. Posteriormente, se detalla el desarrollo del radar secundario RSMA, primero, y luego del radar primario RPA3D-LA, enfatizándose el rol que tuvieron tanto las capacidades de FAA e INVAP en estos desarrollos, y explicando cómo la ejecución de la política pública de radarización plasmada en el Decreto 1407/04 fue retroalimentada por los resultados positivos del desarrollo de la tecnología radar, al mismo tiempo cómo la política pública fue habilitadora de nuevos desarrollos tecnológicos. De esta manera, se explica el proceso de co-creación entre tecnología y sociedad, ésta última representada por medio de la acción de una coalición de causa conformada por FAA e INVAP, y que fue plasmándose a través del marco normativo del Decreto 1407/04 y otras normas complementarias posteriores.

## **7.1 Situación de la radarización en Argentina y de INVAP al inicio de la década de 2000**

A principios del presente siglo continuaba vigente aún, pero virtualmente paralizado, el Plan Nacional de Radarización del año 1996. Según fuentes de la FAA, el estado general de la radarización para el año 2000 era aceptable en términos de control del tránsito aéreo (teniendo en cuenta el flujo de aeronaves que circulaba y la cobertura radar de las aerovías), pero precario en lo referente a control del espacio aéreo (defensa). En cuanto al tránsito aéreo, el mismo dependía, dentro de la FAA, del Comando de Regiones Aéreas<sup>69</sup> (CRA) cuyos radares de control de tráfico aéreo cubrían el centro del país, y estaban ubicados en las ciudades de Buenos Aires, Paraná, Córdoba, Mendoza y Mar del Plata (ver Mapa 4). Según Fuente 2

---

<sup>69</sup> El Comando de Regiones Aérea era, en aquel entonces, el área de la FAA encargada de velar por la vigilancia del espacio aéreo y el control del tránsito aéreo en el país.

(2014b), estos radares daban cobertura a un corredor que concentraba, aproximadamente, el 75% del tránsito aéreo comercial del país y, puesto que dicho control permitía recaudar fondos a través del cobro de las tasas de servicio de tránsito aéreo y de protección al vuelo, administrados por la propia FAA, su cobranza implicaba la existencia de un flujo de ingresos que se destinaban al mantenimiento de estos radares, aunque no así de los utilizados con fines de defensa.

#### Mapa 4 - Cobertura de radares de control de tránsito aéreo en Argentina hacia el año 2000

---



---

**Fuente:** elaboración propia en base a Fuente 2 (2014b). Mapa de Google earth Pro.

---

Respecto al control del espacio aéreo, existían cinco radares primarios móviles Westinghouse AN-TPS 43 de origen estadounidense. La situación de mantenimiento era ya de por sí crítica por falta de fondos, y se vio agravada cuando, a fines de la década de 1990 y principios del año 2000, se produjo la quiebra de la empresa fabricante, Westinghouse. Al ser absorbida por Northrop-Grumman, se notifica a la FAA la decisión de discontinuar la fabricación de repuestos, situación que intensifica el problema operativo de los radares de

defensa. Ante esto, la perspectiva era que si ciertos componentes de estos radares se rompieran, los mismos ya no podrían ser reparados (Fuente 2, 2014a).

Adicionalmente, había dos temas que irían cobrando fuerza como consideraciones relativas a la radarización: el problema del terrorismo a nivel mundial y la lucha contra el narcotráfico. Respecto al primero, luego de los ataques terroristas a las Torres Gemelas Nueva York, el 11 de Septiembre de 2001, se instaló en los mandos superiores de la FAA la preocupación respecto a la falta de recursos, particularmente en lo referente al control y vigilancia del espacio aéreo, en pos de proteger potencial objetivos de este tipo de ataques, como por ejemplo las centrales nucleares o sedes gubernamentales. Respecto al narcotráfico se reconocía la necesidad de un mayor control de las fronteras, lo cual no era posible en las condiciones operativas en las que se encontraban (Fuente 2, 2017). De esta manera, en el seno de la FAA comienza a surgir, dentro del Comando de Regiones Aéreas, la necesidad de analizar alternativas a fin de hacer frente al adverso escenario que se tenía por delante.

Por su parte, INVAP, en junio de 2000, había sido declarado el “oferente preferido” (INVAP SE, 2006: 67) para la construcción en Australia del reactor de investigación OPAL (acrónimo de *Open Pool Australian Lightwater [reactor]*). El contrato firmado en julio de ese año significaría el ingreso de divisas por un total de 180 millones de dólares, monto que, con el fin de la convertibilidad mediante, y la consecuente devaluación de la moneda argentina, permitiría a la empresa realizar sustanciales inversiones en pesos argentinos<sup>70</sup>.

La disponibilidad de estos flujos de fondos permitió que los niveles directivos de INVAP asumieran la decisión de iniciar a riesgo de la empresa el desarrollo de una tecnología, para lo cual era necesario iniciar un nuevo área de negocios, que no estaba relacionada directamente con las áreas nuclear o satelital, las de mayor significación en la historia de INVAP.

---

<sup>70</sup> El contrato con la Organización Australiana de Ciencia y Tecnología Nuclear (ANSTO), fue hasta ese momento “el mayor monto implicado en una venta al contado de una planta de tecnología de avanzada, “llave en mano”, hecha por Argentina” (INVAP SE, 2006: 67).

## 7.2 Primeros contactos entre INVAP y FAA

En este contexto, en el cual la dirección de la empresa buscaba la explotación de las capacidades existentes, y habiendo diseñado el SAR del Satélite SAO-COM, hacia fines de 2002 y principios de 2003 INVAP realiza un ofrecimiento de desarrollo de un radar SAR para los aviones Pucará de la FAA (Quiroga y Aguiar, 2016). Las características del radar ofrecido estaban por fuera de los parámetros habituales, y si bien esta propuesta no cumplía con los requerimientos necesarios para su operación, entre otras cuestiones por no tener dichos aviones la posibilidad de proveer la energía necesaria para alimentar el radar (Fuente 2, 2014a; Fuente 3, 2014a, Fuente 4, 2015), fue el puntapié inicial para que comenzara un acercamiento entre la FAA e INVAP. Este primer contacto le sirvió a la FAA, según evoca uno de sus protagonistas, para “tomar conocimiento de que existía en la Argentina una empresa que contaba con la capacidad para llevar adelante el desarrollo de tecnología radar” (Fuente 2, 2014a).

Posteriormente, en el año 2003 la FAA organiza un Simposio de Actualización Radar, e invita a INVAP para que envíe representantes a fin de que diserten sobre la trayectoria de la empresa y las capacidades en el área nuclear y satelital, con especial énfasis en gestión de proyectos complejos y electrónica de calidad (Quiroga y Aguiar, 2016). La empresa asiste y se presentan, como casos de éxito el reciente diseño del SAR del satélite SAO-COM y el centro de control de misiones construido en Falda del Carmen para la CONAE (Fuente 2, 2014a; Fuente 3, 2014a). Uno de los altos mandos de la Dirección de Sensores Radar (DSR)<sup>71</sup> de la FAA narra en los siguientes términos cómo se dieron los primeros contactos entre dicha fuerza e INVAP:

*Estando en la Dirección de Sensores Radar, en el Comando de Regiones, nos llega un expediente con una propuesta para que estudiemos, de una empresa llamada INVAP SE de la provincia de Río Negro, para dotar de capacidad de radar de apertura sintética de corto alcance, mediano alcance, a los aviones Pucará [...]. Totalmente caída del cielo. Descolgada. Después, a las cinco*

---

<sup>71</sup> La DSR era una dirección técnico-operativa dentro del CRA que tenía por fin asegurar el funcionamiento de los cinco radares de control del tránsito aéreo que tenía dicho Comando. Posteriormente, cuando la Dirección de Sensores Radar, se dedica al seguimiento de los contratos con INVAP para el desarrollo de los radares secundarios y primarios, pasa a depender del Comando Material de la FAA (Fuente 9, 2014).

*páginas nos dijimos: “estos tipos no tienen [...] idea de lo que están hablando. Y, en cierta forma, los guiamos y les dijimos “no, esto no va [...] por tales motivos, pero es interesante que ustedes ya hayan desarrollado un SAR porque nosotros no sabíamos que tenían esta tecnología.*

*[...]Y los invitamos a participar en el simposio. Y, [...] presentan el desarrollo del SAR. Empezamos a ver y nos miramos con algunos, diciendo: “pucha estos no se quedaron en la teoría”. Nosotros pensábamos que era puro papel, nos mostraron el tema... y en un recreo que habíamos hecho, me acerco, ya era el segundo o tercer día, y nosotros habíamos estado dando exposiciones sobre los distintos radares que teníamos, lo que había regionalmente, estábamos dando exposiciones sobre Brasil que estaba incrementando sus CINDACTAS<sup>72</sup>[...]*

*Entonces charlando con NN, le digo “che, [...] viendo que dominan la tecnología de lo que es dominable en este momento, ¿no se animan a hacer un radar secundario?” Y me dice “sí, yo supongo que sí. Yo supongo que sería cuestión de estudiarlo y yo te diría que sí”.*

*[...] Entonces empezamos a trabajar con el tema del desarrollo de un radar secundario. Empezamos con los primeros escarceos, empezamos a interesar a la gente del Comando de Regiones, del cual dependíamos. INVAP también se entusiasmó. Se armaron dos grupos de trabajo. Esos grupos de trabajo derivaron en un contrato por un prototipo...” (Fuente 2, 2014a)*

La empresa había mostrado a interlocutores de la FAA la existencia de capacidades existentes en ese momento para encarar el diseño y fabricación de radares de apertura sintética, y que combinada con capacidades pre-existentes basadas en el área nuclear y satelital, permitían en conjunto encarar integralmente la fabricación de radares secundarios, incluyendo desde hacer la obra civil y las consolas de operación, hasta la electrónica de precisión, el software y todo lo necesario para su desarrollo. Con posterioridad a los primeros contactos, una delegación de FAA viajó a visitar las instalaciones de la empresa:

*Luego de visitar INVAP, en Bariloche, ver sus capacidades en áreas tan sensibles como la nuclear y la satelital, quedamos convencidos que estaban en condiciones de hacer radares para tránsito aéreo. Además, dado que lo sufríamos desde el punto de vista logístico con los radares que se habían*

---

<sup>72</sup> El entrevistado hace referencia a las organización del sistema de vigilancia y control del espacio Aéreo, dividido en cuatro zonas llamadas cada una de ellas *Centro Integrado de Defensa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo* (Centro Integrado de Defensa Aérea y Control del Tráfico Aéreo) seguidas por un número de I a IV.

*adquirido en el extranjero, y con los fracasos de los diferentes planes de radarización, asesoramos a la conducción de la Fuerza Aérea al respecto y se lanza el Proyecto (en el año 2003) del Radar Secundario Monopulso Argentino, después denominado INKAN (Fuente 4, 2014).*

Al interior de la FAA fue necesario que los responsables del Comando de Regiones Aéreas, que habían establecido el contacto inicial con el personal de INVAP y posteriormente lazos informales convencieran a sus superiores de que la empresa tenía la capacidad de diseñar y desarrollar radares secundarios. Así, este grupo de oficiales radaristas fungieron de “guerrilleros tecnológicos”, según la denominación dada por Adler (1988), al iniciar el impulso que llevaría al desarrollo local de tecnología radar. En este momento uno de los principales argumentos esgrimidos fue la conveniencia que presentaba el desarrollo nacional para la FAA, en cuanto al cambio de situación que significaría la posibilidad de contar con repuestos y asistencia de una empresa argentina, lo que implicaba disminuir el grado de dependencia respecto de empresas y tecnologías extranjeras (Fuente 2, 2014a; Fuente 3, 2014a; Fuente 4, 2015).

De esta manera, comienza a operarse un cambio en las creencias centrales profundas del principal actor vinculado a la política de radarización en Argentina, la FAA, al generarse a instancias de los guerrilleros tecnológicos de la DSR un impulso en pos de la utilización de capacidades existentes en el país para diseñar y desarrollar radares. Esta modificación en las creencias centrales profundas al interior de la FAA (hasta el momento el único referente en la coalición de causa de las políticas de radarización en Argentina) fueron, a su vez, los que dieron lugar al cambio que tiempo más tarde se daría en las creencias centrales de la política pública de radarización y llevarían al establecimiento de una nueva agenda para dicha política pública. Estos cambios se plasmarían inicialmente en el Decreto de 1407/04 (de creación del SINVICA), presentado como “Proyecto SINVICA” por la Dirección de Planeamiento del MD al Poder Ejecutivo Nacional (Fuente 2, 2017). Posteriormente, la comprensión de que el diseño y fabricación de radares, en tanto actividad que, además de requerir del desarrollo de tecnología, contribuía al desarrollo económico del país al favorecer la creación de empleos calificados y a su vez generar productos de alto valor agregado susceptibles de ser exportados,

fue paulatinamente tomando mayor fuerza dentro de la coalición de causa dominante en de la política de radarización<sup>73</sup>.

La DSR de la FAA, a cargo del Comodoro González, y en ese momento dependiente del Comando de Regiones Aéreas (CRA), algún tiempo después propone formalmente a la empresa INVAP que presupueste el diseño y producción de radares secundarios, es decir, de control de tránsito aéreo (Fuente 3, 2014a). Este nuevo enfoque asumido por la DSR para proveerse de radares era mutuamente beneficioso: (i) desde la perspectiva de la FAA por dos motivos: permitía solucionar la falta de cobertura radar en aquellas aerovías que no tenían cobertura, a la vez que disminuiría (y eventualmente eliminaría) la dependencia externa para la obtención de repuestos. Y, (ii) desde la perspectiva de INVAP, constituía la oportunidad de aplicar -e incrementar- capacidades dinámicas y conocimientos existentes en un nuevo artefacto, de forma tal de ampliar la cartera de productos, a la vez que diversificaba el riesgo que la fuerte dependencia respecto de las actividades referidas al área nuclear y satelital imponían a la empresa.

Si bien FAA e INVAP tenían necesidades disímiles entre sí (relacionadas obviamente con el tipo de organización de que se trata cada una, así como por el tipo de actividad que desarrollan) existía una importante compatibilidad en sus respectivos objetivos referentes al desarrollo de radares, y que confluían en un interés común en pos del desarrollo nacional de esta tecnología. Es por esto que en esta tesis se considera que, en el marco de la política de radarización a partir del año 2003, existió una coalición de causa entre INVAP y la FAA basada en la trayectoria de estas dos instituciones, ambas con experiencia y capacidades de acción política a nivel gubernamental. Esta coalición de causa fungió de catalizadora del impulso, y posterior ejecución, de un nuevo plan de radarización, en el cual se incorporó el interés gubernamental en la fabricación nacional de radares como un componente de la política pública en la materia, plasmada en la creación del SINVICA, y que, posteriormente, significó el desarrollo de radares no previstos en dicho plan (como es el caso de los RPA3D-

---

<sup>73</sup> En las resoluciones vinculadas a radarización ya sean del Ministerio de Defensa como del Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios, es común encontrar en los considerandos referencias a la importancia del desarrollo de capacidades tecnológicas en el país, y por ello se considera aquí que son demostrativas de un interés temprano, por parte de los gobiernos kirchneristas, del desarrollo de tecnologías nacionales en los casos en que fuera posible. Este aspecto será profundizado en el apartado 7.3.1.

LA). Esto, a su vez, implicó por un lado el aprovechamiento de capacidades existentes en el país (que residían en la forma de capacidades dinámicas de INVAP y FAA), y por otro, una sustancial modificación de las creencias centrales profundas de la FAA, por la que los anteriores planes de radarización se habían basado en la adquisición de radares a proveedores extranjeros.

**Tabla 4 - Capacidades residentes en FAA e INVAP con potencial vínculo al desarrollo de radares utilizadas en el desarrollo de radares**

FAA	INVAP
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación radar</li> <li>• Mantenimiento radar</li> <li>• Generación de pliegos de licitaciones</li> <li>• Evaluación técnica de propuestas recibidas en licitaciones</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Meta-capacidades dinámicas:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación estratégico-prospectiva</li> <li>• Solvencia financiera</li> <li>• Capacidad de interacción con clientes</li> <li>• Aprendizaje orientado a la acción</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b><u>Capacidades dinámicas:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrónica*</li> <li>• Mecanizo de precisión*</li> <li>• Análisis estructural*</li> <li>• Guiado y control*</li> <li>• Desarrollo de software*</li> <li>• Cálculo térmico*</li> <li>• Radio Frecuencia</li> <li>• Transmisión-recepción-decodificación de señales</li> <li>• Software de procesamiento de señales</li> </ul>
<p><b>Meta capacidad de FAA e INVAP</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• capacidad de acción política a nivel gubernamental</li> </ul>	

\* Capacidades Dinámicas descriptas por Seijo y Cantero (2012)

Fuente: elaboración propia.

En síntesis, puede afirmarse que al momento de encarar la fabricación de radares secundarios en Argentina existía un *stock* de capacidades tanto en FAA como en INVAP susceptibles de ser recombinadas y aprovechadas sinérgicamente en pos del desarrollo de esta tecnología (explicadas en detalle en los capítulos 5 y 6, y expuestas en la Tabla 4 a modo de resumen). Sin embargo, el conjunto de capacidades residentes en cada una de estas

instituciones hasta el momento no habían sido combinadas. Por otro lado, a nivel de políticas públicas, la compatibilidad de los intereses entre estos actores favoreció la incorporación de INVAP (en tanto empresa proveedora de tecnología con un importante historial en la ejecución de políticas tecnológicas en el país) a la coalición de causa encabezada por FAA referida a la política de radarización argentina.

### **7.3 Un nuevo plan de radarización**

En Octubre de 2004, los contratos para el desarrollo y la fabricación del prototipo y de los primeros 10 RSMA ya estaban en marcha, cuando el Presidente Kirchner, por medio del Decreto 1407/04, crea el Sistema Nacional de Vigilancia y Control Aeroespacial (SINVICA). Se trataba del tercer intento de la Argentina tendiente a establecer un sistema de control del espacio aéreo. El sistema propuesto (que es el actualmente vigente) a diferencia de los planes anteriores (SICEA y PNR) tiene como característica distintiva la integración de la información provista por radares para control del espacio aéreo con los de control del tránsito aéreo, está constituido por cuatro conjuntos de componentes: (i) sensores radar (primarios y secundarios)<sup>74</sup>, (ii) aviones interceptores, (iii) sistemas de procesamiento e integración de la información, y (iv) sistemas de comunicaciones.

Pese a la diferencia referida, cabe mencionarse el hecho de que el Decreto 1407/04 presenta similitudes muy marcadas con respecto al Decreto 145/96 que creaba el PNR. De hecho, en lo referente a los ejes descriptos previamente, así como en cuanto a algunos considerandos, el Decreto 1407/04 es una copia casi textual del anterior. En este sentido, en los considerandos que se invocan para dar lugar a la creación del SINVICA, los elementos que se repiten incluyen: (i) la cobertura radar limitada en las rutas aéreas del país (recuérdese que en 2004 en materia de control del tránsito aéreo seguían funcionando los mismos radares que en 1996: Ezeiza, Córdoba, Mendoza, Paraná y Mar del Plata). (ii) La antigüedad de la tecnológica utilizada localmente, que por “el transcurso del tiempo, así como el avance de la tecnología en materia de sistemas de detección, integración, presentación de la información, asistencia para la toma de decisiones” hacían necesaria una actualización. Y finalmente, (iii) el

---

<sup>74</sup> El término “sensores radar” en el ámbito de la FAA hace referencia a los radares en tanto artefactos.

incremento continuado del tráfico aéreo (comercial, pero también ilícito) en el país. Es decir, el Estado Nacional estaba generando nuevas políticas públicas tendientes a solucionar problemas antiguos que, tal como se ha descrito en el Capítulo 5, no había podido resolver en ocasiones anteriores.

Uno de los considerando del Decreto 1407/04 sintetiza en estos términos lo que se busca lograr a través de la política de radarización de Argentina a partir el año 2004: “un sistema de control efectivo del aerospacio, que permite mejorar la seguridad en materia de tránsito aéreo, y también de la defensa al interior de las fronteras, integrando ambos aspectos, y contribuyendo además al desarrollo económico del país”. Y esto, reconoce la norma, sería posible gracias a la “capacidad tecnológica disponible en la industria nacional” que permitiría llevar a cabo el desarrollo de la tecnología radar en Argentina y además favorecería el “desarrollo económico y social del país por medio de la producción nacional” de tecnología radar. Este nuevo enfoque constituyó un cambio radical en la forma en que la Argentina encaraba la problemática de la radarización. Es por ello, que este aspecto sobresaliente del nuevo sistema de vigilancia y control aerospacial, establece una diferencia sustancial con los dos proyectos anteriores en la materia, al incorporar la fabricación nacional de radares a su *corpus*. De esta manera, la política de radarización, a partir del año 2004 va más allá de la provisión de radares y su utilización con fines civiles o militares, y pasa a incluir el desarrollo de esta tecnología. Este nuevo enfoque implicó la producción de un cambio fundamental en las creencias centrales de la política pública de radarización de la Argentina.

Por ello se considera que el desarrollo nacional de radares, iniciado en 2003, y luego apoyado por políticas públicas a partir de 2004, fue el resultado de la acción deliberada de los “guerrilleros tecnológicos” radaristas de la FAA. Este grupo, tal como se comentó previamente, a partir de un cambio en sus creencias centrales profundas, impulsaron y lograron imponer en la agenda de la política pública de radarización, la inclusión de la generación de tecnología radar a partir de capacidades existentes en el país, a fin de paliar las serias deficiencias que tenían tanto en material como en el acceso a repuestos. Y esto, por consiguiente, se plasmó en el aspecto que hace singular al SINVICA (comparado con el

SICEA y el PNR), junto con la referencia explícita al desarrollo económico del país por medio de la producción nacional de radares en tanto bienes tecnológicos<sup>75, 76</sup>.

De esta manera, la co-creación de esta tecnología en Argentina se produce como resultado del cambio suscitado en la política pública a instancias del principal actor de dicha coalición de causa, luego de que los radaristas de FAA modificaran sus creencias centrales respecto a la posibilidad del desarrollo nacional de radares. Este grupo influyó de forma tal que, a fin de cumplir con su propósito de vigilancia y control aeroespacial, se les proveyeran radares nacionales, cuyo proceso de diseño y fabricación se basaría en la aplicación de capacidades dinámicas apropiadas para tal fin, tanto propias de FAA como de otras residentes en INVAP. En este sentido, el cambio en las políticas públicas y la posibilidad de recurrir a capacidades dinámicas acumuladas a lo largo de la trayectorias socio-técnicas de estas dos instituciones son los componentes, interrelacionados e interdependientes, que establecieron las condiciones *sine qua non* del desarrollo de radares en Argentina.

#### **Cuadro 5 - Objetivos del SINVICA (Decreto 1407/04)**

*Permitir al Estado Argentino, a través de la Autoridad Aeronáutica, que corresponde a la FAA, efectuar el control de todos los movimientos aéreos, en el espacio aéreo de jurisdicción nacional, incluidos los provenientes desde y hacia países vecinos, contribuyendo de esta manera al cumplimiento de las tareas de la Defensa Aeroespacial y a prestar un eficiente servicio de Tránsito Aéreo, que posibilite entre otras cosas:*

- 1. Contribuir a preservar los Intereses Vitales de la Nación.*
- 2. Controlar el tránsito irregular o ilícito.*
- 3. Cumplir con los compromisos internacionales vigentes en la materia.*
- 4. Incrementar la seguridad del movimiento aeroespacial en el ámbito nacional.*
- 5. Optimizar la utilización de las rutas aéreas y áreas terminales, reduciendo las demoras de los vuelos.*
- 6. Brindar Información Aeronáutica y Meteorológica, en tiempo real.*

---

<sup>75</sup> En el caso del Plan Nacional de Radarización impulsado durante el gobierno del Presidente Menem, también se hace referencia al desarrollo del país implicado en la radarización, pero no se explicita en ninguna parte la producción nacional de ninguno de sus componentes. Ver sección 5.5 "El Plan Nacional de Radarización de 1996".

<sup>76</sup> El desarrollo de tecnologías en base a las capacidades locales sería impulsado durante los gobiernos kirchneristas de 2003 a 2015 a través de una serie de políticas públicas. Véase el apartado 7.3.1.

7. Obtener una mayor agilidad operativa, con la consecuente disminución de los costos para los usuarios.

8. Brindar asistencia a aeronaves pérdidas y/o en emergencia.

9. Equilibrar regional e internacionalmente el desarrollo tecnológico y operativo.

### **7.3.1 La política de radarización en el marco de las políticas tecnológicas en Argentina a partir del año 2003**

Desde una perspectiva política general, cabe realizarse un breve análisis sobre el rol de las políticas tecnológicas a partir del año 2003. Esto permite, a su vez, explicar cómo el cambio en la política de radarización, implicó una temprana muestra del énfasis que durante los gobiernos kirchneristas se daría a estas políticas tecnológicas.

En términos generales, desde que Néstor Kirchner asume como Presidente, en Diciembre de 2003, la Argentina encararía políticas económicas tendientes a abandonar el enfoque de “ortodoxia neoliberal” (Kulfas, 2016: 111) de los gobiernos de Menem y De la Rúa. En este marco, la política económica estaría orientada a recuperar las capacidades estatales, el desendeudamiento del país, la re-estatización de empresas públicas privatizadas (como YPF o Aerolíneas Argentinas). En ese contexto se fomentaría el desarrollo de la industria, se irían regulando paulatinamente los mercados y se daría impulso al desarrollo científico tecnológico nacional (Kulfas, 2016).

Si bien durante todo el periodo 2003-2015 no se consiguió el objetivo perseguido en el marco del plan Argentina Innovadora 2020 de lograr una inversión en I+D equivalente al 1% del PIB<sup>77</sup>, sí se impulsaron este tipo de actividades. Estos esfuerzos tendieron a buscar lograr objetivos estratégicos, tales como una mayor integración y coordinación de los esfuerzos realizados por el conjunto de actores del sistema científico tecnológico. Puede por ello afirmarse que durante los doce años de gobiernos kirchneristas, pareció haber un cierto consenso en el gobierno respecto a que ciencia y tecnología constituyen factores *sine qua non*

---

<sup>77</sup> Este valor se considera que representa una “condición necesaria, aunque no suficiente, para garantizar la sustentabilidad del desarrollo económico de un país” (MINCyT, 2012: 14). Nótese que la Argentina, ya en el primer Plan Nacional en Ciencia y Técnica (1971-1975), establecía el ambicioso objetivo de alcanzar un 1,5% del PBI hacia finales de la década de 1970 (Hurtado, 2010). En sucesivos planes se iría estipulando una inversión en I+D del 1% del PBI como objetivo a cumplir, aunque hasta el momento no se ha logrado.

del desarrollo, idea que hecha sus raíces en el pensamiento latinoamericano en ciencia tecnología y sociedad (PLACTS).

Entre los aspectos destacables durante de la presidencia de Néstor Kirchner, en 2005, se redacta un plan de PCTI “Bases para un Plan Estratégico de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación” que entre sus objetivos buscaba orientar la I+D a la resolución de problemas y mejora de la calidad de vida, el desarrollo social, y aumentar la base científica y la capacidad tecnológica. Sobre estas bases se crearía posteriormente el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Bicentenario (2006-2010). Además, en 2006 se negocia un nuevo préstamo con el BID para fomento de la CyT (el PMT III) que permitiría el establecimiento de nuevos instrumentos de financiación y subsidio para actividades de I+D en la ANPCYT, y se inician las negociaciones que posteriormente, en 2009, permitirían la creación del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) gracias a un crédito del Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento (BIRF) (Del Bello, 2014).

Cuando en 2007 asume Cristina Fernández de Kirchner la Presidencia de la Nación, se prosiguió con un fuerte impulso al desarrollo científico y tecnológico del país, y rápidamente se jerarquizan las actividades de I+D gracias a la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (cuyo antecedente era la Secretaría para la Tecnología la Ciencia y la Innovación Productiva –SETCIP–, hasta el momento dependiente del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología). Según Del Bello (2014: 56) Fernández de Kirchner “fue la primera Presidente de la Nación Argentina que incorpora al discurso político el papel de la innovación tecnológica para la competitividad de la producción argentina”.

Posteriormente, en 2012, se lanzaría el “Plan Argentina Innovadora 2020” momento desde el cual se comienza a recurrir a “ideas fuerza como la noción de sistema nacional de innovación, economía basada en el conocimiento y desarrollo sustentable” (Versino et al., 2013: 2) y se impulsarían políticas que buscaban cierta verticalidad, al ser estructurado sobre 6 núcleos socio-productivos estratégicos (NSPE): agroindustria, medio ambiente y desarrollo sustentable, desarrollo social, energía, industria, y salud (MINCyT, 2012).

Pese al impulso a las actividades de I+D desde el MINCyT, y posiblemente como consecuencia del carácter descentralizado del sistema de CTI argentino, desde el gobierno

nacional, por medio del Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios (MPFIPyS) se impulsaron significativas iniciativas de desarrollo tecnológico que se basaron en el aprovechamiento de la capacidad de compra del Estado. También, aunque en menor medida, el MD buscó impulsar el fortalecimiento del sistema de I+D para la defensa (Lavarello y Sarabia, 2015). Los rasgos particulares en ambos casos fueron la búsqueda del mejoramiento de la infraestructura del país y el aprovechamiento (o recuperación) de las capacidades existentes para el desarrollo tecnológico.

En efecto, bajo la órbita del MPFIPyS, que según Lavarello y Saravia (2015) se constituyó en el principal impulsor de la política tecnológica de esta época, se llevaron a cabo iniciativas tales como el Programa Argentina Conectada; el sistema de Televisión Digital Abierta; se dio nuevo impulso al área nuclear, con acciones que incluyeron la reactivación del proyecto del reactor CAREM (primera central de potencia diseñada en Argentina) y la finalización e inauguración de la central Atucha II. También desde el MPFIPyS se generó el Plan Espacial Nacional argentino (donde confluyeron el desarrollo de satélites y un lanzador) que hacia fines del último mandato de Fernández de Kirchner, en 2015, tuvo un impulso adicional a través de la Ley 27.208 de Desarrollo de la Industria Satelital<sup>78, 79</sup>.

Por su parte, en el marco del MD se buscó aprovechar -y recuperar- capacidades productivas vinculadas al sector defensa, tal como son los casos de la recuperación de los astilleros TANDANOR y AL Storni, dando lugar a la creación de Complejo Industrial Naval Argentino (CINAR), la re-estatización de FAdE, o el desarrollo de nuevas tecnologías, como en el caso del Sistema Aéreo Robótico Argentino -SARA- (Resolución MD 1484/10; Lavarello y Sarabia, 2015; Vera *et al.*, 2015). A partir del año 2007, el MD tendría una política explícita de apoyo al desarrollo tecnológico que se plasmó en los “Caracteres y fundamentos del modelo argentino de modernización del sector defensa” que se basaba en nueve líneas de acción, una de las cuales se refería especialmente a unificar y potenciar “todo el sistema científico-tecnológico de la defensa” (Ministerio de Defensa, 2007: 14). También durante ese año se crea en dicho Ministerio la Subsecretaría de Innovación Científica y Tecnológica

---

<sup>78</sup> Respecto la trayectoria en el campo aeroespacial en Argentina y el impulso que se le dio durante el kirchnerismo puede consultarse Vera *et al.* (2015).

<sup>79</sup> Cabe mencionarse que por Decreto 2197/2012, la CONAE que había funcionado bajo la órbita del Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos, pasó a formar parte del MPFIPyS.

(posteriormente llamada Subsecretaría de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico) que tendría por fin recuperar y reestructurar “la gestión y control de los organismos, programas y proyectos de ciencia y tecnología” (Lavarello y Sarabia, 2015: 74).

Pese a estas iniciativas, sin embargo, la articulación de los esfuerzos de I+D a nivel nacional, distó de ser completa, persistiendo la desarticulación y la falta de coordinación entre actores. Como ejemplo, Lavarello y Sarabia (2015: 72) expresan:

*Llama la atención la ausencia de apoyos a sectores vinculados a los desarrollos aeroespaciales y nucleares [y puede agregarse aquí los desarrollos tecnológicos para la defensa], asociados al subsistema público de generación de tecnología, mostrando la desarticulación de la política tecnológica con la impronta que asumirán los grandes proyectos estatales.*

Si bien, en parte, es comprensible esa desarticulación puesto que desde el MINCyT no se podía financiar con fondos BID actividades de I+D para la defensa, por los términos de los acuerdos con dicho organismo que financian los diversos fondos, no deja de ser cierto que no existe ningún tipo de mención a estas áreas (nuclear, espacial y defensa) en el Plan Argentina Innovadora 2020, lo cual permite entrever fallas en la coordinación de las PCTI entre ministerios.

En este contexto, en el caso puntual del SINVICA se puede observar un temprano interés por parte del gobierno de Néstor Kirchner en el desarrollo de tecnología nacional para cubrir demandas puntuales, lo cual llevaría, con posterioridad, al desarrollo de políticas sectoriales. Pese a este interés, sólo en algunos casos las mismas pudieron plasmarse en políticas de Estado que promovieran y protegieran estos desarrollos en el largo plazo (como el caso de la industria satelital antes mencionado).

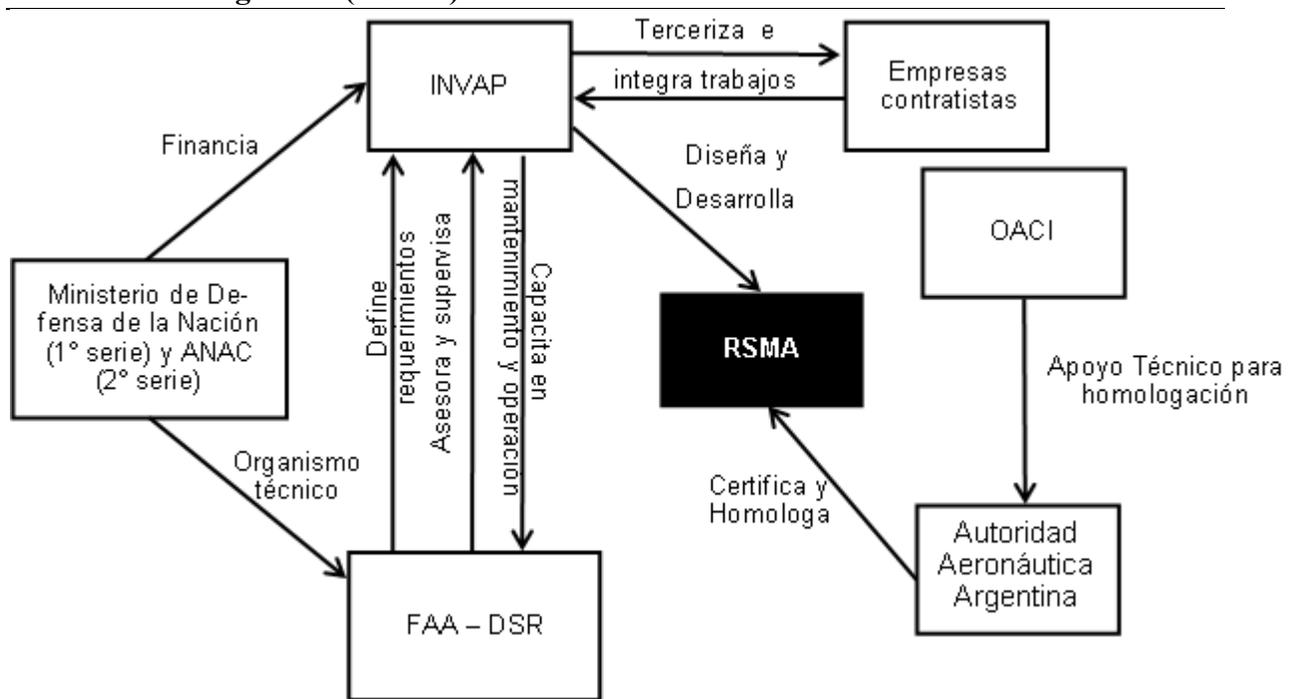
## **7.4 El radar Secundario Monopulso Argentino**

### **7.4.1 Antecedentes y avances**

Los esfuerzos en pos de la construcción de radares de control de tránsito aéreo en Argentina tuvieron un primer impulso cuando, en marzo de 2003, durante la Presidencia de Eduardo Duhalde, se firmó el primer acuerdo marco entre INVAP y la FAA para diseñar,

desarrollar, construir y poner en funcionamiento un prototipo de radar secundario. Poco tiempo después, el 10 de Abril de ese año, se firma un contrato (*ad-referendum* de la aprobación por parte del MD y de la Jefatura de Gabinete de Ministros) entre INVAP SE y la FAA que regulaba el cumplimiento del acuerdo marco para el desarrollo del prototipo y de los primeros 10 radares secundarios, que darían lugar a la primera serie de RSMAs fabricada por INVAP. Puesto que la aprobación del MD y de la Jefatura de Gabinete de Ministros no se verificó, en diciembre de 2003 FAA e INVAP suscriben un contrato para el diseño preliminar del prototipo. Sin embargo, las aprobaciones necesarias tampoco se lograron en tiempo y forma, esta vez como consecuencia de la falta de presupuesto en la FAA, y por este motivo se inicia la ejecución de los trabajos a cuenta y riesgo de la empresa (Banti *et al.*, 2007; Fuente 2, 2014a).

**Ilustración 3 - Red socio-técnica del desarrollo del Radar Secundario Monopulso Argentino (RSMA).**



**Siglas:**

- ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil
- FAA – DSR: Fuerza Aérea Argentina, Dirección de Sensores Radar
- OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
- RSMA: Radar Secundario Monopulso Argentino

Fuente: elaboración propia en base a Resolución MD 1244/06, Decreto 1592/06 y Resolución MPFIPyS 12883/10

La estrategia de desarrollo a riesgo seguida por INVAP fue posible, gracias a la solvencia financiera de la empresa, capacidad dinámica que pese a su carácter coyuntural, fue habilitadora en términos de permitir contar con el dinero necesario para avanzar con estas actividades de diseño y fabricación, gracias a los flujos de fondos que provenían de la construcción del reactor OPAL que INVAP estaba realizando en Australia, y que generaba el ingreso de divisas a las arcas de la empresa. El contrato suscripto estipulaba que la Dirección de Sensores Radar (DSR) de la FAA, era el comitente del encargo a INVAP en nombre del MD y, como tal, tenía un rol técnico, tanto en lo referente a establecer los requerimientos a cumplir como de asesoramiento a la empresa y supervisión de los avances. También se establecía que la recepción definitiva se lograría una vez que los radares hubieran sido homologados<sup>80</sup> y certificados por la Autoridad Aeronáutica Argentina, según la normativa vigente de la OACI. Por su parte INVAP, tal como es habitual en su operatoria, recurría a un conjunto de empresas proveedoras tanto de partes componentes como de desarrollos específicos a fin de poder hacer frente a la realización de ciertos trabajos.

#### Cuadro 6 – Organismos usuarios del RSMA

Originalmente el organismo que se constituiría en usuario del RSMA sería el Comando de Regiones Aéreas. Sin embargo, en el marzo de 2007 se crea, por Decreto 239/07, la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), como organismo descentralizado de la Secretaria de Transporte del MPFIPyS, constituyéndose en autoridad aeronáutica nacional y pasando a su órbita en noviembre de ese año el uso de los radares RSMA que se fueran construyendo (Decreto 1770/07), así como los derechos y obligaciones estipulados en el contrato de la primera serie. Posteriormente, durante el año 2010, la ANAC firma con INVAP un segundo contrato por 11 RSMA's adicionales, conocidos como Serie 2 (Resolución MPFIPyS 12883/10). La FAA seguía estando encargada del mantenimiento. Sin embargo, durante el año 2011, el Decreto 1840/11 determinó la transferencia de las funciones de servicios para navegación aérea, nuevamente desde la ANAC al ámbito de la FAA, creándose para ello la Dirección General de Control de Tránsito Aéreo (DGCTA). Esta transferencia incluyó, además del personal y

<sup>80</sup> Posteriormente, la Resolución MD 1244/06, en su artículo 5, estipula que la homologación consistiría en la comprobación, entre otros ítems, de: los procesos de calidad requeridos, el cumplimiento de las especificaciones técnicas y la correspondencia entre las características del radar con las normas y métodos recomendados por la OACI en la materia. Por su parte la Certificación implicaría la verificación del cumplimiento de funciones operativas.

bienes necesarios para dicha tarea, la transferencia de los “servicios de navegación aérea”, “los derechos resultantes de la percepción de las Tasa de Protección al Vuelo en Ruta y de Apoyo al Aterrizaje”, que en 2007 habían sido otorgados a la ANAC. Gracias a este último cambio, la FAA volvía a tener potestad sobre las tasas cobradas a la actividad aerocomercial (Decretos 239/07 y 1840/11). Cabe aclararse aquí que ni el CRA, la ANAC, ni posteriormente la DGCTA, tuvieron un rol activo en el diseño o construcción de los RSMA, actividad que llevó adelante INVAP con el asesoramiento y supervisión constante de la DSR.

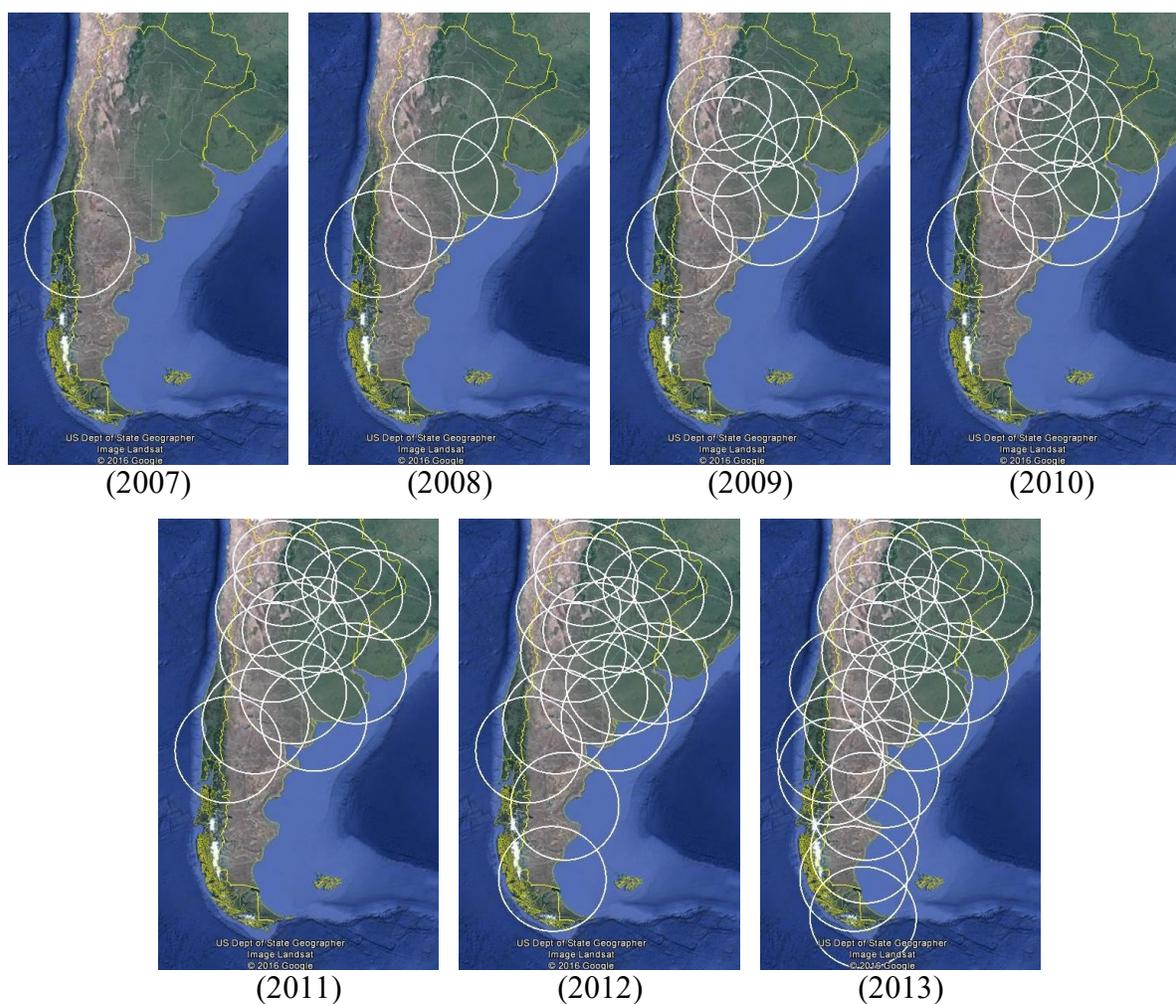
El prototipo del radar secundario, emplazado en el aeropuerto de la ciudad de San Carlos de Bariloche, comenzó a ser ensayado durante el año 2005 (Fuente 8, 2014). Luego de la realización de pruebas y testeos llevados a cabo por parte de la Autoridad Aeronáutica Nacional, asistida técnicamente por la OACI, entre agosto y septiembre de 2007, este radar constituyó el primer RSMA en alcanzar el estado operativo (Bria, 2010; Fuente 2, 2014a).

Posteriormente, entre los años 2007 y 2014, INVAP construyó e instaló los restantes 10 radares RSMA de la primera serie, y 11 radares RSMA adicionales correspondientes a la segunda. En el Mapa 5 se detalla la distribución geográfica de los radares, y una proyección del radio máximo de cobertura teórica, según el año de puesta en servicio (que permite tener una idea del ritmo de avance de los trabajos). Asimismo, en la Tabla 5 se detallan las ubicaciones de los 22 RSMA de las serie 1 y 2. Cabe destacarse que, como corolario al desarrollo del RSMA, el 09 de Junio de 2009, INVAP fue incorporada como empresa potencialmente proveedora de sistemas completos de radar secundarios de la OACI, incluyendo la capacidad de proveer antenas, *shelters*<sup>81</sup>, conversores/digitalizadores, y repuestos de radares secundarios (carta de Anna Ficko-Liberta a Ricardo Hum, del 09 de Junio de 2014, reproducida en Bria, 2010). De esta forma INVAP había ingresado formalmente en el mercado de radares secundarios, creando una nueva unidad de negocios inédita tanto en la empresa como en el país.

---

<sup>81</sup> Del inglés, refugio. Nombre dado a la cabina donde se ubican tanto el equipo radar (antenas y sistemas electrónicos) y - dependiendo los tipos- las consolas que concentran la información brindada por el radar. En el caso del RSMA hace referencia a la torre que sostiene la antena y alberga la electrónica.

**Mapa 5 - RSMAs instalados entre los años 2007 y 2014 en el marco del SINVICA.**



Fuente: elaboración propia en base a (Telam, 2013b). Mapas de Google Earth Pro.

**Tabla 5 - Ubicación de RSMAs, según serie y año de instalación.**

Serie 1		Serie 2	
Ubicación	año de instalación	Ubicación	año de instalación
Bariloche	2007	Las Lomitas	2011
Quilmes	2008	Corrientes	2011
Santa Rosa	2008	Posadas	2011
Neuquén	2008	Pehuajó	2012
Córdoba	2008	Comodoro Rivadavia	2012
Bahía Blanca	2009	Rio Gallegos	2012
San Luis	2009	Malargüe	2013
Morteros	2009	Puerto Madryn	2013
La Rioja	2009	Esquel	2013
Tucumán	2010	Ushuaia	2014
Salta	2010	San Julián	2014

Fuente: Elaboración Propia en base a (Telam, 2013b)

## 7.4.2 Caracterización y componentes del RSMA

El Radar Secundario Monopulso Argentino (RSMA, también denominado INKAN), es un *Monopulse Secondary Surveillance Radar* (MSSR, por su sigla en inglés), diseñado y desarrollado con el propósito de “brindar seguridad y eficiencia al control del tránsito aéreo pudiendo ser utilizado en áreas terminales (aeropuertos)” para maniobras de aproximación, así como también a fin de incrementar la “seguridad y eficiencia al control del tránsito aéreo”, pudiendo ser operado en forma remota, y, eventualmente, complementar el sistema de defensa aéreo, para lo cual es posible su utilización en asociación con radares primarios 2D y 3D (INVAP SE, S/D: 2).

Parte de los requerimientos solicitados originalmente incluían la necesidad de minimizar el mantenimiento. En este sentido, el RSMA tiene una baja necesidad de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, pudiendo, además, ser ubicado en emplazamientos geográficamente aislados. Estos aparatos, cuentan con un diseño modular y redundante de sistemas mecánicos y electrónicos, tales como canales de control y señalización, lo cual permite que puedan mantenerse operativos ante la falla de uno de los canales. En la Ilustración 4, se muestra el aspecto exterior del RSMA con sus variantes en la torre de soporte en concreto y metálica (INVAP SE, S/D). Según el contrato original firmado entre INVAP y la FAA, cada RSMA entregado por la empresa está compuesto por los siguientes componentes principales<sup>82</sup> (INVAP SE, S/D):

- Antena de Gran Apertura Vertical (LVA – tipo arreglo abierto)
- Pedestal, sistema de arrastre de antena con codificador de posición acimutal y de referencia Norte y la correspondiente unidad de control de la Antena
- Transmisores y receptores
- Procesador digital de señales y datos
- Extractor monopulso (este componente es el que convierte la información electrónica en datos para ser procesados y presentados por el software)

---

<sup>82</sup> Para un detalle técnico exhaustivo de los componentes y características del RSMA pueden consultarse los contratos de las series 1 y 2 (anexos I de las Resoluciones MD1244/06 y MPFIPyS 12883/10, respectivamente), particularmente los acápites que describen el artefacto en sí. Puesto que se trata de una descripción técnica que excede al objeto de esta tesis, no se ha profundizado en los mismos.

- Conjunto de cables de R.F. (radio frecuencia)
- Unidades de control, conmutación y señalización
- Equipamiento de autocomprobación de funcionamiento (B.I.T.E.)
- Interfaz radar-usuario, monitor de mantenimiento
- Conjunto de repuestos.

**Ilustración 4 – Torre y antena del primer prototipo operativo de RSMA en Bariloche (a), y del RSMA del Aeropuerto de Salta (b).**

---



---

Fuente: (a) tomada de Bria (2010) y (b) fotografía del autor.

---

**Cuadro 7 - Breve Caracterización Técnica del RSMA**

El RSMA diseñado, construido y testeado de forma tal de cumplir con los requerimientos que este tipo de artefactos debe cumplir según las especificaciones de la OACI, opera en los cuatro modos de interrogación/respuesta: 1, 2, 3/A, C, S e intermodo.

El RSMA tiene la capacidad de rotar en 360° acimutales (es decir, hacia los cuatro puntos cardinales) y es capaz de prestar servicios a aeronaves que se encuentran a una distancia de entre 1 y 256 millas náuticas, es decir entre 1,85 y 474 Km (lo cual supera en 104 km lo solicitado por el contrato), y con una altura máxima de 10.000 pies, 30.480 m sobre el nivel del mar en ángulos de entre 0,5° y 45°. La probabilidad de detección es superior al 97%, sin que su funcionamiento afecte a otros radares o sistemas de radio frecuencia. Este radar tiene una capacidad de detección de blancos de 400 aviones (mínimo) y un pico de 200 aviones por cuadrante de 90° (mínimo). También cuenta con la capacidad de "inyectar" blancos a fines de capacitación y entrenamiento de operadores.

Otro aspecto destacable del RSMA es que su diseño incluye un esquema de funcionamiento redundante de doble canal, lo cual permite que, ante fallos de algún componente, el sistema continúe funcionando. Tiene la característica de estar construido con componentes de última generación pero disponibles en el mercado (*on the shelf*), lo cual, al permitir la elección de proveedores, disminuye considerablemente la criticidad de la dependencia externa de un proveedor único. Incorpora procesamiento digital de señales, utilización de lógica programable y tolerancia a fallas no críticas. El hecho de que se utilice procesamiento digital de señales y lógica programable, dieron como resultado un equipo compacto que requiere un bajo consumo de potencia.

Fuente: Anexo A "Especificaciones Técnicas - Radar secundario Monopulso Argentino (RSMA)" del contrato estipulado en la Resolución MD 1244/06.

## 7.5 El Radar Primario Argentino

Paralelamente al contrato de construcción de la primera serie de RSMA, mientras en 2005 se comenzaba a homologar su prototipo, en la ciudad de San Carlos de Bariloche, surgía en los radaristas de FAA a cargo del proyecto la inquietud acerca de cómo aprovechar el conocimiento que se había adquirido gracias al desarrollo del RSMA. Ante esto, y aprovechando los estrechos lazos de comunicación que se habían desarrollado entre los máximos responsables del proyecto RSMA, a partir del año 2005, comienza a analizarse la posibilidad de encarar el diseño y desarrollo de un radar primario.

*Queríamos hacer un radar primario que fuera competitivo con productos que estaban ofreciéndole a FAA, y eso era algo complicado. Entonces, lo que se planteó en la empresa fue iniciar un proyecto a riesgo y que fuera parte de un*

*desarrollo hacia un radar primario competitivo. Entonces se armó un plan de desarrollo del Radar Primario Argentino (RPA), que se dividió en etapas.*

(Fuente 3, 2014a).

Cada una de estas etapas tendría por entregable un Modelo de Evaluación Tecnológica (MET) que permitiría validar diversos subsistemas que compondrían el RPA.

El 29 de Octubre de 2008 el Poder Ejecutivo Nacional aprueba, por Decreto 1774/08 el contrato DGFM 1774 del 13 de diciembre de 2007, entre la DGFM e INVAP, para la provisión del diseño, fabricación, ensayos y puesta en marcha del Radar Prototipo Operativo (RPO), indicándose que el gasto iría por cuenta del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, del cual depende la DGFM. Este Decreto expone en sus considerando parte de las implicaciones que se reconocía, al interior el gobierno nacional, que tenía el cambio en la estrategia de compra a empresas extranjeras por el desarrollo nacional de radares y que iría permeando en las resoluciones ministeriales accesorias al Decreto 1407/04. En este sentido el cuerpo del Decreto 1774/08 expresa que:

*(...) el desarrollo de tecnología local en los campos de los sensores radar genera enorme valor agregado en disciplinas estratégicas y sensibles, permitiendo a la vez la participación directa del usuario en las etapas de desarrollo y construcción, creando capacidad nacional tanto para la actualización como para el mantenimiento del equipamiento y produciendo al mismo tiempo un producto exportable de alto valor agregado y a precios competitivos. La fabricación del Radar Primario 3D de Largo Alcance en el país permitirá además desarrollar fuentes de trabajo altamente calificadas con técnicos argentinos, reduciendo en consecuencia significativos gastos de divisas.*

(Decreto 1774/08)

El inicio de los trabajos, nuevamente a cuenta y riesgo de INVAP, comenzados el 04 de Julio de 2007, implicaron que se establecieran los lineamientos sobre los que se desarrollaría el Radar Primario Argentino 3D de Largo Alcance (RPA3D-LA<sup>83</sup>), y que incluían la participación de la FAA como organismo técnico asesor, además de futuro rol como usuario. Por su parte, el desarrollo del RPA se planteaba a partir de la construcción de cinco MET, de

---

<sup>83</sup> A los fines prácticos, se ha decidido abreviar a este radar como RPA en toda la tesis.

desarrollo yuxtapuesto<sup>84</sup>, no secuencial, a fin de avanzar en forma modular hacia la fabricación del RPO al finalizar la fabricación del MET 5. El 13 de diciembre de 2007, se firma un contrato entre la DGFM e INVAP, *ad referendum* del Poder Ejecutivo Nacional (MPFIPyS, 2007), por un monto total de \$141.577.492. Según ese contrato, el rol conferido a la FAA incluía la evaluación de la ingeniería de diseño, la ingeniería de detalle y la realización de las pruebas necesarias para aprobar cada MET. El mecanismo de trabajo implementado, implicaba que si FAA aprobaba la ingeniería de un MET, se pasaba a la fabricación, se realizaban las pruebas y, si eran superadas, se pasaba a “integración y ensayos” (Fuente 9, 2014).

El desarrollo del RPO estaba llegando a su fin con su instalación en Las Lomitas, cuando, el 17 de Septiembre de 2010, el MD por Resolución 1150/10, aprueba las Especificaciones técnicas del Contrato DGFM-INVAP para la construcción de la primera serie de 6 RPA por un monto aproximado de 600 millones de pesos (INVAP SE, 2011; Télam, 2013). En los considerandos de esta resolución, nuevamente, se utiliza una fórmula similar a la del Decreto 1774/08, en la cual se invoca el gran valor agregado que genera el desarrollo de tecnología radar, y la creación de capacidades a nivel nacional para la actualización y mantenimiento de estos equipos, de considerable potencial de exportación (Resolución 1150/10).

Las primeras actividades referidas a la construcción de las seis unidades de la serie se realizaron entre 2011 y 2012. En mayo de 2012 el personal del FAA había realizado la verificación de las 4000 piezas que componen el radar, en forma previa al inicio de la integración de la primer unidad de la serie. Y, al promediar el año 2012, ya se avanzaba con la fabricación de componentes para el segundo radar de la serie y se trabajaba en la integración del primero (INVAP SE, 2012).

Al 30 de Junio de 2013 ya se habían certificado los componentes de los primeros tres radares de la serie, y el primero de ellos se encontraba integrado y realizando pruebas previas a los ensayos de aceptación, en el aeropuerto de San Carlos de Bariloche (INVAP SE, 2013).

---

<sup>84</sup> El Anexo Bravo del Contrato 1774 de la DGFM, presenta un cronograma preliminar de actividades de diseño, fabricación, ensayos y puesta en marcha de los MET. Adicionalmente el anexo Charlie presenta un cronograma de pagos y certificaciones.

Dos años después el primer radar de la serie 1 estaba instalado y funcionando en la localidad de Las Lomitas, y el segundo se estaba montando en la localidad de Ing. Juárez; el tercero estaba ya fabricado en Bariloche y listo para ser enviado a su emplazamiento definitivo en San Pedro, Misiones; el cuarto estaba siendo ensayado en el aeropuerto de Bariloche; y los radares quinto y sexto estaban siendo fabricados (INVAP SE, 2015a). El 6 de noviembre de 2015, en ocasión de la inauguración del instalación definitiva del RPO del RPA en la localidad de Merlo, se firmó el contrato para la provisión de una segunda serie de RPAs por un monto total de 1.080 millones de pesos, y que serían instalados en las provincias de Buenos Aires, Corrientes, Entre Ríos, Neuquén y Santa Cruz (INVAP SE, 2015b).

### **Mapa 6 – Ubicación de los radares de la Serie 1 de RPA a noviembre de 2015**



Fuente: Elaboración propia en base a INVAP SE (2015a) y Presidencia de la Nación (2015).  
Mapa de Google Earth Pro.

En los apartados siguientes se realiza una breve descripción y análisis de cada uno de los diversos MET que permitieron el desarrollo del RPA.

#### **Cuadro 8 - Principio de funcionamiento de los radares primarios y los radares secundarios**

A fin de tener una comprensión cabal del esfuerzo adicional de ingeniería que supone el diseño y fabricación de un radar primario, frente a un secundario es necesario recordar que la complejidad de éstos es mucho mayor a la de los radares secundarios. De hecho puede afirmarse que se trata prácticamente de un artefacto distinto.

El radar secundario "interroga" mediante el uso de radiofrecuencia al *transponder* del avión que "contesta" con un código, en el cual provee información sobre la aeronave. En cambio, un radar primario, tiene que determinar -a partir del eco que genera una onda de radio que se refleja en una superficie- en primer lugar, si se trata de una aeronave o cualquier otro objeto o fenómeno que pueda producir ese rebote (por ejemplo una montaña o lluvia). Luego, en caso de tratarse de un avión, poder obtener información útil a partir de los datos que se reciben, tales como altura, acimut, distancia respecto de la antena. Adicionalmente, puesto que los radares primarios son utilizados con fines de defensa, un componente esencial es el paquete contra-contra-medidas (CCM) que se utiliza a fin de evitar todo tipo de interferencias con las que un potencial enemigo buscará que el radar "se confunda", o "no vea" aquello que quisiera ocultarse a la vista de los operadores. Como puede apreciarse, la complejidad implícita en un radar primario, es tal, que el desarrollo de este tipo de sistema es un desafío en sí mismo (Fuerza Aérea Argentina, ca. 2010a; Fuente 3, 2014a).

### 7.5.1 Primeros trabajos y MET 1

El MET I se trataba del diseño y fabricación de la estructura portante del radar 3D no activo, es decir que no emitía ni recibía señales de radio. Tenía una antena de 5,2 m de ancho, y 4,8 m de alto, basada en la antena del RSMA. El objetivo era, a partir de una antena representativa, verificar la resistencia del sistema motriz de rotación, y la resistencia estructural a cargas de viento reales (MPFIPyS, 2007 y Fuente 9, 2014). Al 30 de Junio de 2008, se habían finalizados los ensayos sobre este modelo (INVAP SE, 2008).

#### Cuadro 9 - El MET 1: Un demostrador tecnológico "caza pingüinos"

*El MET 1 fue una estructura de giro para poner en el aeropuerto (...). Por ese entonces se estaba trabajando en la homologación del RSMA. Entonces se iba a hacer una ceremonia de inauguración [del RSMA]. FAA dijo "tenemos el primer radar argentino, vamos a traer a Kirchner" y que se yo. Entonces dijimos bueno tenemos que hacer un "caza pingüinos". Entonces, el MET 1 era el "caza pingüinos" una estructura girando, para que cuando Kirchner mirara desde la torre del secundario esa otra estructura girando y dijera "¿y eso qué es?", pudiéramos decirle "Es que ya estamos trabajando en el [radar] primario". Entonces la idea era empezar a hablar con Kirchner sobre el primario, y conseguir su apoyo.*

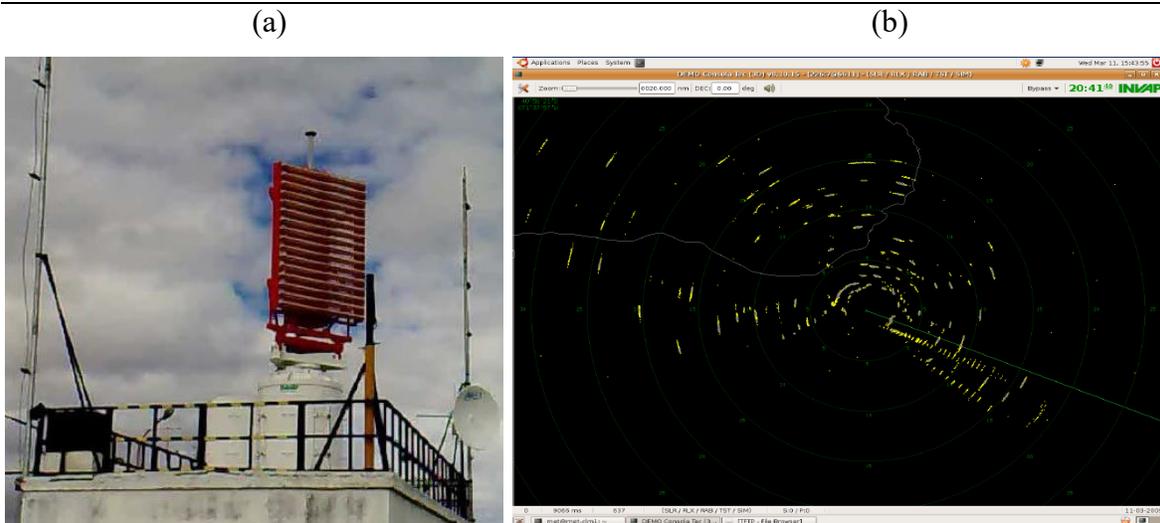
*Entonces, hicimos una estructura y le pusimos MET1, pero no necesitábamos hacer una estructura para probar que podíamos hacer girar algo en el viento de Bariloche... fue cosa de largarnos a hacer algo. Porque no llegábamos a hacer nada funcional (...) No podíamos llegar a tener el "MET 2" para esa ocasión, y apareció el MET 1. Pero el MET2, fue un desarrollo que*

*hizo INVAP a costo propio usando todo lo que se pudiera usar que estuviese al alcance de la mano.*

## 7.5.2 MET 2

El MET 2 era un modelo activo, en banda L, cuyo fin era probar que la antena podía emitir y recibir señales y procesarlas en forma digital (MPFIPyS, 2007). Para ello fue necesario reutilizar parte de lo aprendido con la antena del RSMA, decidiéndose mantener “el tamaño de la antena del secundario” y rediseñándose tanto la plaqueta, como la distribución de los dipolos. Con ello se lograba replicar el principio de funcionamiento del radar primario, consistente en la emisión, recepción y decodificación básica de pulsos. Para esto, también se habían incluido los módulos de transmisión/recepción (módulos T/R) desarrollados para el SAR del satélite SAO-COM, y se fabricó un generador de señales y sincronismos (GSS). Con estos componentes se contaba con un primer desarrollo que permitía realizar el procesamiento digital de las señales recibidas. Este radar tenía alcance corto, de entre 32 a 48 km, y por las características de la antena, presentaba “las detecciones como cosas muy anchas” puesto que la antena era muy angosta, lo que generaba que “se viera el blanco por mucho tiempo. El procesamiento era muy básico también, se mostraba todo lo que se veía (...). El MET 2 sirvió “para demostrar que podíamos mover el haz, y hacer un radar 3D” (Fuente 3, 2014a).

### **Ilustración 5 – Antena del MET 2 (a) y representación de los ecos recibidos (b).**



Nota: adviértase en la ilustración (b) la representación alargada de los “ecos” representados.

Fuente: Fuerza Aérea Argentina (ca. 2010a y ca. 2010b)

En Diciembre de 2008 se certificó la ingeniería y fabricación, realizándose la primera operación en el aeropuerto de Bariloche. Posteriormente en Abril de 2009 se realizaron las pruebas (INVAP SE, 2009). El precio pagado en conjunto por la ingeniería, fabricación, ensayos y puesta en marcha del MET 1 y MET 2, fue de \$ 24.387.280 (MPFIPyS, 2007).

### 7.5.3 MET 3

Este modelo de evaluación tecnológica constituía un artefacto descrito por Fuente 9 (2014) como un “*quasi radar*” activo, cuya característica más notable era que poseía una antena de una superficie equivalente a un cuarto de la antena que tendría el RPA. Puesto que, además, tenía menor potencia que la que tendría dicho radar, su alcance era de rango medio, lo cual permitía realizar pruebas de detección (MPFIPyS, 2007). Este modelo permitía variar la frecuencia utilizada e incorporaba simulador de IFF<sup>85</sup> y algunas contra-contra medidas electrónicas, lo cual permitía comenzar a evaluar las capacidades para guerra electrónica que podían desarrollarse. Adicionalmente, el MET 3 ya no contaba con ninguna estructura de antena del RSMA (Fuerza Aérea Argentina, *ca.* 2010a y *ca.* 2010b).

Sin embargo, puesto que el tamaño de la antena era de un cuarto del de la antena que tendría el RPA, el haz era más ancho y la resolución en elevación, en distancias largas era mala, no así en distancia cortas y medianas, lográndose un alcance de 100 km aproximadamente (INVAP SE, 2011). La ingeniería de este modelo de evaluación que se comenzó a diseñar durante el año 2009, estando en julio de dicho año certificada la ingeniería de detalle y, al 30 de Junio del año siguiente, se trabajaba en la integración de la electrónica al conjunto de pedestal y antena (INVAP SE, 2009), tuvo un precio de \$23.664.360 en concepto de ingeniería, fabricación ensayos y puesta en marcha (MPFIPyS, 2007).

Posteriormente a este desarrollo, el personal de INVAP tomó conocimiento de que el MD estaba evaluando comprar a Italia dos radares primarios antiguos, aunque modernizados. Entonces, y aprovechando una visita que hiciera la Ministra de Defensa -Nilda Garré- a INVAP, los directivos de la empresa ofrecieron el MET 3 como como alternativa nacional a la compra de los radares italianos (Fuente 3, 2014a). Este modelo de experimentación, devenido

---

<sup>85</sup> Dispositivo que permite diferenciar naves amigas de enemigas. Véase el Cuadro 2 en la página 80.

en el radar que se conoce actualmente como Radar de Alcance Mediano Experimental (RAME)<sup>86</sup>, se trata de “un instrumento autónomo capaz de cubrir el rango intermedio [llamado en la jerga *gap filler*] capaz de detectar pequeñas aeronaves que vuelan a baja altura” (INVAP SE, 2011: 8). Hacia mediados de 2011 se encontraba emplazado y operativo en el aeropuerto de Santiago del Estero (Telam, 2013a). De esta manera, INVAP vendió su primer radar primario al MD (Fuente 9, 2014), por 8 millones de pesos, aprovechando los resultados obtenidos con un desarrollo parcial del RPA y una circunstancia coyuntural que se tornó favorable por la decisión, en el marco de políticas tendientes al desarrollo tecnológico nacional, de compra de tecnología radar diseñada y construida en el país, en detrimento de tecnología extranjera.

#### **Ilustración 6 – Radar Argentino Mediano en su emplazamiento en Santiago del Estero.**



---

Fuente: Montenegro (2012)

---

---

<sup>86</sup> Puesto que se trataba de un modelo de experimentación tecnológica, fue necesario realizar adecuaciones al MET 3 a fin de que se pudiera utilizar como RAME. Estas incluyeron la incorporación de capacidad de comunicaciones, adecuación al camión que lo transporta a fin de incrementar su robustez y soportar vibraciones, y llevaron aproximadamente dos años de trabajos adicionales. La FAA se constituyó en usuaria de un radar que continuó siendo un modelo sobre el cual se evaluó el rendimiento del sistema en su conjunto, constituyendo “un banco de experimentación” y una fuente de retroalimentación para el desarrollo del RPA (Fuente 9, 2014)

#### **7.5.4 MET 4**

El trabajo tendiente a lograr el desarrollo del RPA continuó con el MET 4. A diferencia del MET anterior, no se trataba de un radar activo, puesto que tenía por objetivo resolver y demostrar el cumplimiento de los requerimientos de transportabilidad en un avión de carga (tipo C-130 Hércules), de las estructuras, mecanismos, así como también de todos los componentes electro-mecánicos, sistemas auxiliares y herramientas que permitieran la operación y transporte del RPA a otro destino de operación. Sobre este modelo estructural se agregaría la electrónica a fin de integrar (fabricar) el MET 5 (MPFIPyS, 2007). Al 30 de junio de 2010 se había realizado la integración completa de la estructura de este MET (INVAP SE, 2010), que tuvo un costo de ingeniería, fabricación, ensayos y puesta en marcha de \$15.836.740 (MPFIPyS, 2007).

#### **7.5.5 MET 5**

Se trataba de un radar activo de largo alcance que tenía la antena completa y operaba a potencia plena. Adicionalmente, servía como banco de prueba de las contra-contra medidas electrónicas (CCME), no poseía IFF (estas señales se simulaban) y permitía evaluar el desempeño general del sistema (MPFIPyS, 2007). Este MET, que tuvo un costo de \$27.102.402, fue montado directamente en el sitio donde se implementaría el uso del RPO (Fuente 9, 2014).

#### **7.5.6 El radar Prototipo Operativo**

A partir de septiembre de 2011, y por un año, se realizaron ensayos en forma permanente al MET 5 a fin de transformarlo en el RPO, en la localidad de Las Lomitas, provincia de Formosa, lo cual generó propuestas de modificaciones y mejoras que fueron utilizadas como insumo para la consolidación y cierre del proyecto. Adicionalmente, durante el tercer trimestre del 2012 fueron instalados los sistemas de contra-contra medidas electrónicas. Luego de este año de pruebas el RPO fue trasladado a la Base Aérea Morón, Bs As, a fin de continuar con las pruebas de validación funcional, estando al 30 de junio de 2013 en operaciones para su certificación final por la FAA. A mediados de 2015 fue actualizado a fin de equipararse a

los RPA de la Serie 1y fue instalado y puesto en operación en la base de la FAA de la ciudad de Merlo, provincia de Buenos Aires (INVAP SE, 2012, 2013 y 2105a).

### **7.5.7 La Oficina de Representación Técnica en Fábrica de la FAA**

Dada la mayor complejidad que representaba el RPA con respecto al RSMA, el contrato de desarrollo de los METs y el RPO incluía la presencia de un Jefe de Proyecto representante del contratista en la empresa, a fin de supervisar el diseño y fabricación, estableciendo canales directos de comunicación entre FAA e INVAP. Con este fin, al inicio de los trabajos la FAA constituyó una Oficina de Representación Técnica en Fábrica (ORTF), que originalmente funcionaba con dos personas, y hacia noviembre de 2014 estaba constituida por 6 personas, 3 suboficiales que realizaban tareas técnicas y 3 oficiales, de los cuales uno era el Jefe de Proyecto, otro llevaba adelante el control sobre el contrato de la serie 1 del RPA, y otro sobre los contratos por el RPO y el RAME (Fuente 9, 2014).

El conocimiento que poseía el personal de FAA sobre el funcionamiento y condiciones de uso de radares en situaciones reales, se tornó sumamente significativo para el proceso de desarrollo del RPA. Sin embargo, y pese a la experiencia previa en el desarrollo del RSMA, el tipo de conocimiento residente en INVAP no era suficiente a fin de llevar adelante este desarrollo:

*Nosotros queríamos un radar que sabíamos usarlo... No sabíamos hacerlo pero sí usarlo. Entonces sabíamos que había cosas que iban a pasar. Cosas que van a pasar en el campo: (...) teníamos un suboficial que decía eso se va a romper, saltaba uno de los master de INVAP que decía: “no... ¿cómo se va a romper? nosotros calculamos, sobredimensionamos (...)”. Y [durante las pruebas] se rompió. Y hubo casos así, en donde uno de nuestros pichis decía “esto así no funciona”, saltaban los otros... y después revisaban. Entonces la relación al principio, principalmente en esta zona, era viscosa, difícil (Fuente 9, 2014).*

En este sentido, la utilización de jergas y lenguajes diferentes tanto al interior de la FAA como de INVAP, en un primer momento, fue un factor que generó dificultades en la comunicación diaria entre ambas instituciones. Según una Fuente 9 (2014), el personal de INVAP estaba acostumbrado a trabajar “puertas adentro” en las etapas de diseño, de forma tal

que, luego de tener un exhaustivo listado de requerimientos y posteriormente haber avanzado en su desarrollo, llevaban al cliente una solución, la mayor parte de las veces llave en mano.

Si bien como se ha mencionado previamente en INVAP residía una meta-capacidad que fue conceptualizada como de interacción con clientes, la misma había comprendido hasta el momento sobre todo la posibilidad de entender requerimientos, transformarlos en prestaciones y características de los desarrollos que se realizaban. Las mismas, tenían por tanto mucha preponderancia al momento de negociar contratos y relevar requerimientos y por ende no estaba necesariamente asociada a niveles técnico-operativos. Sin embargo, la presencia de la ORTF de FAA en la planta de INVAP generó la necesidad de generar esta capacidad en estos cuadros. Esto se debió a que en el caso del desarrollo de radares en general, y del RPA en particular, la ORTF tuvo un rol activo durante todas las etapas de desarrollo, puesto que muchos de los requerimientos y especificaciones técnicas contractuales fueron negociándose, y terminaron de definirse durante la ejecución de los trabajos. Esto condujo a la necesidad de homogenizar el lenguaje, es decir, las jergas de los radaristas de FAA y de los técnicos e ingenieros de INVAP, lo cual constituyó un desafío adicional. Una vez superado este asunto, la ORTF ejerció como una suerte de traductor entre la conducción de la FAA e INVAP (Fuente 9, 2014). De esta manera, la ORTF fue un factor de dinamización de la interacción inter-organizacional, al facilitar la comunicación, y por tanto se considera que también sirvió a los fines de sinergizar las capacidades dinámicas de cada una de estas instituciones.

También la comunicación fue fundamental como medio para poner en interacción las capacidades dinámicas de ambas organizaciones. En la práctica esto influyó en diversos aspectos del desarrollo del RPA, como por ejemplo la interfaz del usuario: el personal de la FAA interviniente en el proyecto tenía claro qué cosas quería que se representaran en la interfaz del operador, cómo debían verse, y qué operación poder realizar con ellas. O sobre los trabajos de mantenimiento que deberían realizarse sobre los radares. Un ejemplo de esto último es la ubicación de la electrónica de la antena: originalmente el diseño de INVAP ubicaba la electrónica del radar en la antena misma a fin de evitar dificultades vinculadas con la junta rotativa. Sin embargo, la FAA echó por tierra dicha posibilidad al argumentar que para realizar cualquier mantenimiento sería necesario detener el radar, cuando uno de los requerimientos solicitados era una altísima tasa de disponibilidad (Fuente 3, 2016).

Sin embargo, según Fuente 9, la interacción en el trabajo de ambas partes generaba en ocasiones situaciones ríspidas entre las personas involucradas. La solución a estos inconvenientes se fue dando en la medida en que se buscó estrechar vínculos de manera informal entre quienes realizaban trabajos conjuntos de ambas instituciones (reuniones sociales, realización de deportes, incluso algunas salidas conjuntas a pescar, etc.). Esta metodología permitió un estrechamiento de los vínculos informales, que fue fortaleciendo paulatinamente el trabajo diario, e implicó un gran acercamiento entre el personal del FAA e INVAP, que –por ejemplo- facilitó la convivencia y trabajo conjunto de 20 días que ambas instituciones llevaron a cabo para la instalación del RPO en la localidad Las Lomitas, provincia de Formosa.

Cabe mencionarse que, como corolario a esta interacción tan cercana, el personal de la ORTF y el Brigadier a cargo de la DSR encabezaron, a fines del año 2014, un acto por el cual el cuerpo de radaristas de la FAA “incorporaba” a los ingenieros y técnicos que fueron la contraparte de INVAP, como miembros del cuerpo de Vigilancia y Control Aeroespacial de la FAA, realizando una ceremonia “de la liturgia de la FAA” y otorgando a cada uno de los involucrados el distintivo del “sistema de armas RPA” y el pañuelo de la agrupación, lo cual informalmente implicaba la desaparición de la barrera entre el personal de la FAA y el de INVAP dedicado a este desarrollo (ceremonia presenciada por el autor, en noviembre de 2014).

## **7.6 Las presiones contra el desarrollo nacional de radares**

Cabe mencionarse que la decisión de diseñar y fabricar nacionalmente radares generó el surgimiento de presiones en contra del proyecto. Las mismas, se iniciaron una vez que se comenzaron los trabajos en las etapas iniciales del desarrollo del RSMA. Estas presiones fueron encabezadas por representantes de empresas extranjeras que buscaban influir al interior del MD en contra de la compra de radares de fabricación nacional, aduciendo la falta experiencia en la materia por parte de INVAP y proponiendo reducciones de precios significativas a cambio del abandono de estos trabajos (Fuente 12, 2014).

También existieron actores, tanto militares como civiles, que dentro del MD y del Gobierno planteaban sus reparos respecto de las características del sistema de vigilancia y

control del espacio aéreo propuesto por el SINVICA<sup>87</sup>. En este sentido, cabe resaltar el hecho de que a instancias de estos actores, durante la gestión de la Ministra Nilda Garré, fue creada una comisión de revisión y evaluación técnico-operativa del SINVICA conformada por técnicos pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), CITEFA, CONAE, Secretaria de Comunicaciones, Secretaria de Transporte y “demás organismos competentes en la materia” (Resolución MD 480/06). Finalmente, esta comisión no llegó a ningún tipo de conclusión en concreto, “en parte por falta de conocimiento tanto teórico como de campo por parte de la gran mayoría de sus integrantes” (Fuente 2, 2017). Este hecho podría interpretarse como indicativo de la falta de personal idónea en la materia por fuera de los radaristas de la FAA.

## 7.7 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se ha presentado brevemente la situación en la que se encontraba la radarización de Argentina a principios de la década de 2000, así como también la que atravesaba la empresa INVAP en ese momento. Posteriormente se explicaron las circunstancias por medio de las cuales INVAP y FAA comenzaron a interactuar de forma de constituirse en los principales actores que impulsaron el desarrollo de tecnología radar en Argentina y que permitiría el diseño y fabricación de radares, resaltándose la importancia que tuvo la existencia de capacidades dinámicas desarrolladas a lo largo de la trayectoria de estas instituciones. Adicionalmente se explicó cómo el cambio de las creencias centrales de FAA en lo referido a la posibilidad de provisión de radares construidos en Argentina significó un impulso sustancial al cambio de la agenda de la política pública de radarización, al incorporarse el desarrollo nacional de esta tecnología. Posteriormente esto redundaría en que INVAP y FAA, a través de los radaristas, constituyeran una coalición de causa en lo referente a dicha política pública.

---

<sup>87</sup> Véase por ejemplo Runza (2005), o Martin *et al.* (2006). Llama la atención la similitud entre ambos documentos.

Luego, se analizó cómo se llevaron a cabo inicialmente los contactos entre INVAP y la FAA, y cómo el conocimiento de las diversas capacidades, dio lugar al inicio de los desarrollos de radares secundarios, y posteriormente a una modificación sustancial en la política de radarización. Este cambio, referido a la creación y ejecución del SINVICA, a su vez, se basó originalmente en el aprovechamiento de las capacidades pre-existentes tanto en INVAP como en FAA, que fueron las que posibilitaron el diseño y fabricación de radares secundarios. Y posteriormente, sirvieron de impulso al desarrollo de radares primarios, mucho más complejos que los secundarios, cuya provisión nacional no estaba contemplada explícitamente en el Decreto 1407/04, como sí era el caso de los primeros once RSMAs.

En lo que respecta específicamente al análisis de capacidades dinámicas, se ha analizado el hecho de que si bien INVAP tenía algunas capacidades que podría aplicar al desafío del desarrollo tecnológico del radar en tanto artefacto, carecía de la *expertise* para definir el producto desde una perspectiva de su uso y adolecía de otras capacidades necesarias para tal fin. Fue por ello necesario recurrir a dos meta-capacidades dinámicas: la de interacción con clientes, basada en competencias comunicacionales, y que permitiría comprender el uso que los futuros operadores le darían al radar, actividad en la cual también jugó un rol sustancial la ORTF de la FAA, y por otro lado, a la de aprendizaje orientado a la acción que facilitó la adquisición de nuevos conocimientos y generación de nuevas capacidades dinámicas vinculadas específicamente a la tecnología radar.

Luego se contextualizó la política de radarización, en el marco de las políticas tecnológicas a partir del año 2003, puesto que se considera que esta política, desde el año 2004, implicó un giro significativo al incluirse la provisión de radares nacionales y el impulso a su fabricación. En este sentido, las PCTI entre 2003 y 2015 no lograron llegar al objetivo de alcanzar el 1% del PBI en inversión en I+D, pese al fuerte impulso que el complejo científico tecnológico tuvo durante estos años. Respecto a las políticas tecnológicas, como subcomponente de las PCTI, existió cierta carencia en la coordinación general en estas políticas. Una muestra de ello es que fueron impulsadas por tres ministerios: el MINCyT, el MPFIPyS y el MD. En este sentido, se mostró que durante los años 2003 a 2015 fue común el desarrollo de políticas tecnológicas en diversos ámbitos, estando de hecho el desarrollo de radares bajo la órbita del MD y del MPFIPyS. En ese contexto de dispersión de la ejecución de

políticas tecnológicas, la política de radarización estuvo desarticulada e inconexa respecto a aquellas bajo la órbita del MINCyT, tanto a los fines de su ejecución, financiamiento, como así también en lo que respecta a la planificación general de este Ministerio, indicativo de lo cual es el hecho de que las grandes políticas tecnológicas (vinculadas a las industrias satelital, nuclear o de defensa) no fueron consideradas en el Plan Argentina Innovadora 2020.

Por último se describieron los desarrollos del RSMA y el RPA y se mostró el modo en el que se incrementó la cobertura radar de las rutas aéreas del país, gracias al aprovechamiento que se hizo de la capacidad de compra del Estado.

A modo de resumen, entonces, en este capítulo se ha analizado el caso del desarrollo de radares en Argentina, a partir del concepto de co-creación entre tecnología y sociedad, mostrándose cómo la acumulación de capacidades dinámicas en dos trayectorias organizacionales, de la FAA e INVAP, permitió fabricar por primera vez radares en el país. Además, el aspecto social de la tecnología radar se ha mostrado a través del análisis de coaliciones de causa, particularmente en lo referido al cambio en las creencias profundas de los radaristas de la FAA, respecto de la posibilidad de utilizar radares diseñados y construidos en Argentina, razón por la cual se los ha conceptualizado como “guerrilleros tecnológicos”. Con el paso del tiempo, y por la participación en la ejecución de la política de radarización, se considera que INVAP se incorporó a la FAA en la coalición de causa de esta política.



# Capítulo 8 Conclusiones generales

En esta tesis fue analizado el caso de la fabricación de radares secundarios y primarios entre 2003 y 2015, entendiéndose que el mismo es un ejemplo de co-creación entre sociedad y tecnología. A lo largo del trabajo se han realizado los objetivos que guiaron esta tesis, para lo cual se recurrió a dos abordajes teóricos que fueron triangulados: el enfoque de las coaliciones de causa, para el análisis de las políticas públicas, y el concepto de capacidades dinámicas, un punto de encuentro entre la economía evolucionista y la literatura sobre administración. A su vez estos enfoques fueron enmarcados en el análisis del constructivismo social de la tecnología.

Si bien la Argentina había sido un adoptante temprano de la tecnología radar a fines de la década de 1940, recién a partir de la década de 2000 se comenzaron esfuerzos concretos en pos de desarrollarla localmente. Esto significó un cambio sustancial en las políticas de radarización a partir del año 2004, momento en el que se impulsa el desarrollo nacional de radares secundarios. Este cambio en las políticas públicas, fue posible gracias la integración de capacidades a lo largo de las trayectorias socio-técnicas tanto de la FAA como de INVAP, así como también por el cambio en las creencias centrales profundas del grupo de los radaristas de la FAA respecto a la posibilidad de comprar radares nacionales. Este cambio se basó, a su vez, en el aprendizaje de este grupo en tanto actores principales de la política de radarización argentina.

El cambio de las creencias centrales profundas de los radaristas, por su parte, encontró una ventana de oportunidad, basada en la sumatoria de una serie de circunstancias operativas como la discontinuación de repuestos de los radares primarios móviles AN TPS 43, la necesidad de ejercer un adecuado el control de aerovías debido al incremento del tráfico aéreo general, así como también la necesidad de incrementar el control del espacio aéreo por el aumento del tránsito aéreo irregular debido al narcotráfico, y la irrupción a nivel mundial de la amenaza constituida por el terrorismo. Esta sumatoria de factores, implicaba la necesidad de dotar a la FAA de los medios necesarios para cumplir su rol de autoridad aeronáutica. A partir de esta necesidad operativa, los radaristas de la FAA impulsaron en un primero momento el diseño y desarrollo de un radar secundario (de control del tráfico aéreo) y, posteriormente, un cambio sustancial en la política pública de radarización de la Argentina, por el cual se incorporó a la misma el impulso al desarrollo nacional de radares, en un contexto en el que varias políticas tecnológicas fueron impulsadas desde el gobierno nacional. De esta manera, el desarrollo tecnológico de radares inicialmente secundarios, dio lugar al cambio en la política pública que se plasmó en el SINVICA creado por Decreto 1407/04, y este marco normativo, a su vez, generó el impulso al diseño y construcción de radares primarios.

El análisis del caso permitió extraer conclusiones que responden a los objetivos planteados y que pueden agruparse en tópicos según la herramienta de análisis: las capacidades dinámicas, el enfoque de las coaliciones de causa, y el constructivismo social de la tecnología. En los apartados siguientes se presentarán las conclusiones del análisis desde cada una de estas perspectivas.

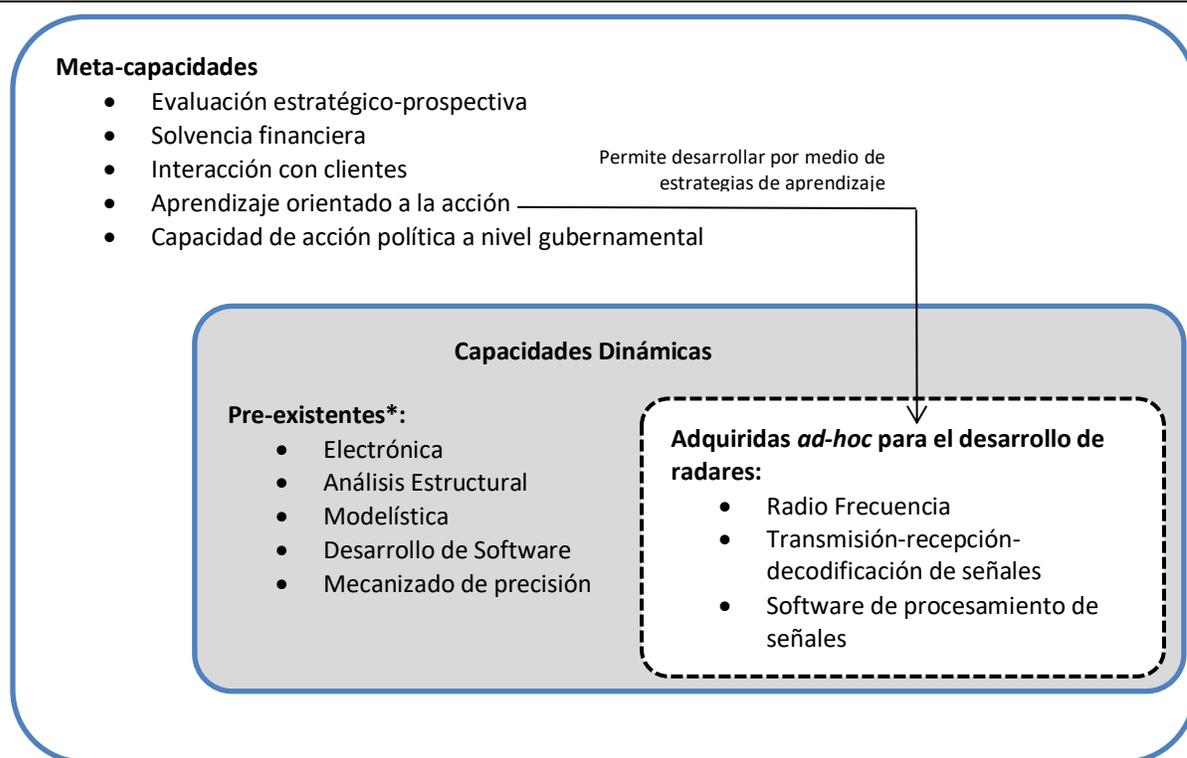
## **8.1 Desarrollo de radares y capacidades dinámicas**

### **8.1.1 Capacidades dinámicas y generación de conocimiento en el desarrollo de radares**

El desarrollo de radares primarios y secundarios implicó, tal como se ha mencionado, la necesidad de incrementar algunas capacidades dinámicas pre-existentes, desarrolladas a lo largo de la trayectoria socio-técnica de INVAP, y generar un *stock* de otras nuevas que la empresa no tenía hasta el inicio de los trabajos en radares. Esta brecha se fue zanjando

paulatinamente gracias a la meta-capacidad de aprendizaje orientado a la acción, la cual posibilitó la adquisición de nuevas capacidades dinámicas en el seno de INVAP: radiofrecuencia, la transmisión-recepción-decodificación de ondas de radio, y el desarrollo de software de procesamiento de señales. En el Esquema 2 se representan en forma gráfica las capacidades dinámicas de INVAP, haciéndose hincapié en cómo la meta-capacidad de aprendizaje orientado a la acción posibilitó la creación de otras capacidades dinámicas.

## Esquema 2 - Jerarquía e interrelación de meta-capacidades y capacidades dinámicas de INVAP



\* Capacidades dinámicas descritas por Seijo y Cantero (2012)

Fuente: Elaboración propia

A partir del trabajo en desarrollo de radares secundarios y primarios, las capacidades que se generaron *ad-hoc* tuvieron su aplicación en otros desarrollos vinculados a radares encarados por la empresa a partir del año 2011. Este hecho implica que efectivamente la empresa logró diversificar su producción gracias a que pudo recurrir a estas nuevas capacidades y por ello cabe caracterizarlas como capacidades dinámicas. En dicha diversificación se incluyen desarrollos tales como: el ya mencionado RAME; la modernización de los radares móviles

Westinghouse AN TPS 43<sup>88</sup>; el desarrollo del Radar Secundario Monopulso Argentino Transportable (RSMA-T) “Mamboretá” para la FAA; la fabricación e instalación de un Radar Secundario Monopulso Argentino Navalizado (RSMA-N) en el rompehielos ARA Almirante Irizar; la participación activa de INVAP en el Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) como proveedora de la serie Radares Argentinos Meteorológicos (RAM) y sistemas asociados<sup>89</sup>; y la fabricación de un radar para el Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT) del proyecto SARA (Sistema Aéreo Robótico Argentino) (INVAP SE, 2013; 2014c; 2015 y 2016).

### **8.1.2 Meta-capacidades como habilitadoras de capacidades dinámicas**

Tal como se mencionaba previamente, el surgimiento de capacidades dinámicas de carácter operativo dentro de INVAP debe ser comprendido como un proceso que fue posible gracias a la existencia de un marco que permite desarrollar, mantener y explotar dichas capacidades. Es por ello que se acuñó e introdujo el concepto de meta-capacidades. El mismo hace referencia a aquellas capacidades que brindan a la organización un marco para que pueda disponer del conjunto de las capacidades dinámicas de carácter operativo para el desarrollo de nuevos productos tecnológicos, razón por la cual se considera que tienen una jerarquía mayor a éstas.

En el caso de la empresa INVAP, en lo referido al desarrollo de radares, se identificaron y analizaron cinco meta-capacidades: la evaluación estratégico-prospectiva, la solvencia financiera, la interacción con clientes, el aprendizaje orientado a la acción y la acción política a nivel gubernamental en el marco de la ejecución de políticas públicas de carácter tecnológico.

Analizar la capacidad de aprendizaje orientado a la acción es de particular interés. En primer lugar porque es la que en definitiva permite conceptualizar a INVAP como una fábrica

---

<sup>88</sup> El primer contrato para la modernización de uno de estos radares tuvo un precio aproximado de \$20 millones (Telam, 2013a)

<sup>89</sup> La resolución MPFIPyS 924/11 autorizaba la contratación directa a INVAP para la provisión de un prototipo de RMA por un valor de \$52.442.838. Posteriormente la Resolución MPFIPyS 1230/14, autorizaba el contrato para la provisión de 10 RMAs, equipamiento para el Centro de Operaciones, centros de procesamiento regional e infraestructura y sistemas conexos, por un valor de \$316.511.584.

de tecnología, puesto que el conocimiento no se persigue *per se*, sino porque constituye el medio por el cual se logra el desarrollo tecnológico necesario para mantener las operaciones de la empresa. Asimismo, es fácilmente comprensible la importancia que tiene, dado que esta meta-capacidad permitió establecer nuevas capacidades dinámicas que fueron necesarias para poder llevar adelante el diseño y desarrollo de radares secundarios y primarios (y de allí su caracterización de meta-capacidad).

### 8.1.3 Capacidades de FAA

A fin de explicar el desarrollo de radares en Argentina desde 2003 se considera que las meta-capacidades y capacidades dinámicas de INVAP fueron condición necesaria pero no suficiente. En este sentido, del análisis del caso surge que también es necesario tomar en consideración la trayectoria de la FAA y las capacidades que se fueron generando en torno a la utilización y reparación de radares desde la década de 1950. En este sentido, las capacidades de índole operativa (operación y mantenimiento de radares), sumada a las capacidades de generación de pliegos licitatorios, especificando detallados requerimientos funcionales y técnicos<sup>90</sup> adquiridas a lo largo de la trayectoria de los radaristas de la FAA, sumadas al hecho de ser un actor central en el marco de las políticas de radarización argentinas, también fueron capacidades sustanciales para facilitar el desarrollo de radares tanto secundarios como primarios.

Esto permitió que dicho desarrollo fuera hecho a medida de las especificaciones de la FAA, característica que resulta prácticamente impensable por el costo asociado a esta posibilidad cuando se recurre a la compra de sistemas llave en mano a empresas extranjeras. Adicionalmente, a fin de facilitar este desarrollo *tailor made*, se considera que la creación de la ORTF de la FAA en INVAP fue fundamental. Esto se debe a que permitió que la FAA tuviera una participación activa durante todo el proceso de desarrollo, fabricación y pruebas de los radares, lográndose incluso introducir leves modificaciones y mejoras al diseño, a lo largo de todas estas fases (Fuente 3, 2016). Cabe pensarse que la capacidad de INVAP de interactuar con diversos tipos de clientes, pre-existente al trabajo de desarrollo de radares, se

---

<sup>90</sup> Véase el Capítulo 5, particularmente los apartados 5.4 y 5.5.

vio fortalecida en la interacción con la FAA y la complementariedad lograda, tal como se ha descrito en el apartado 7.5.7 “La Oficina de Representación Técnica en Fábrica de la FAA”.

#### **8.1.4 Capacidad de acción gubernamental**

Al realizar el análisis del caso a partir de las capacidades dinámicas, se evidenció que tanto a lo largo de la trayectoria de los radaristas de la FAA como de la trayectoria socio-técnica de INVAP, se puede observar la injerencia de ambas organizaciones en el ámbito de las políticas públicas. En el caso de la FAA, se hace específicamente referencia a que el cuerpo de radaristas ha sido un actor central en las políticas de radarización en la Argentina desde fines de la década de 1940. A su vez INVAP desde prácticamente sus orígenes, es un actor fundamental en la ejecución de políticas públicas de carácter tecnológico vinculadas a la industria nuclear y satelital. En ambos casos, se lograría un estrecho acercamiento a los sucesivos gobiernos nacionales a lo largo de las respectivas trayectorias.

La capacidad de acción gubernamental de ambas organizaciones se considera que constituyó un factor fundamental para comprender el impulso que tuvo dentro de la política de radarización el desarrollo nacional de radares a partir del año 2003. En la medida que transcurrió el tiempo, los representantes de INVAP basándose en esta capacidad comenzarían a tener interés en la política pública de radarización argentina, al menos en su aspecto vinculado al desarrollo tecnológico. Por ello, se considera que constituyeron una coalición de causa junto con los radaristas de FAA, y en el marco de su acción política impulsaron fuertemente el aspecto referido al diseño y fabricación de radares en el marco del SINVICA. Adicionalmente esto implicó que INVAP se constituyera en un actor vinculado a otras políticas públicas del ámbito de la defensa y seguridad, que implicaban el desarrollo nacional de otras tecnologías, tal como es el caso del SARA.

Por lo anteriormente expuesto, en el marco de estas tesis se considera que esta capacidad constituye un nexo por el cual se complementa el análisis desde la perspectiva de las capacidades dinámicas con el análisis desde el enfoque de las coaliciones de causa.

## **8.2 Análisis desde la perspectiva de las coaliciones de causa**

El cambio desde la compra de sistemas llave en mano, hacia la producción nacional de radares puede ser explicado como una consecuencia de cambios en las creencias centrales en uno de los actores del sistema de política de radarización de la Argentina, la FAA a través de su cuerpo de radaristas, quienes han sido un actor fundamental en lo referido al control del espacio aéreo en nuestro país desde fines de la década de 1940. En este sentido la FAA en tanto Autoridad Aeronáutica Nacional, ya acumulaba más de 50 años de aprendizaje en lo referente a políticas de radarización en la Argentina, cuando se firma el primer contrato para el diseño de un radar secundario.

El cambio en la orientación en la política de radarización ha sido presentado a lo largo de la tesis. A modo de conclusión a continuación se sistematiza la información que, basada en el análisis del caso se ha ido brindando. Para ello se abordan los siguientes aspectos del análisis del ECC: los factores externos, el aprendizaje orientado a la política pública, el cambio en las creencias centrales, la incorporación de valores de los actores a la política pública, y finalmente la coalición de causa entre INVAP y la FAA.

### **8.2.1 Los factores externos**

El marco general en el cual se tomó la decisión de crear a instancias de la FAA el SINVICA durante el año 2004, generando un cambio sustancial en la política pública de radarización argentina, se puede rastrear en los motivos invocados como considerandos del Decreto 1407/04, que giraban en torno al incremento a nivel regional y nacional del tránsito aéreo comercial y a la necesidad, en cumplimiento de los acuerdos internacionales del país, de la adecuación a la normativa dictada por la OACI. Otro motivo adicional fue el aumento del Tránsito Aéreo Irregular (TAI), y particularmente el asociado a actividades ilegales, como contrabando y narcotráfico, que se observaba a nivel regional y nacional, así como también a la potencial amenaza vinculada a actos de terrorismo, a raíz de los atentados de septiembre de 2001 en Nueva York, Estados Unidos (Decreto, 1407/04; Fuente 2, 2017).

Además, la degradación del sistema de defensa en su conjunto, como consecuencia de la “significativa y crónica reducción de recursos para la jurisdicción [defensa], en los últimos

veinte años” (Ministerio de Defensa, 2007: 5), Esto implicaba la existencia de pocos radares primarios móviles disponibles, lo que generaba una precaria capacidad para controlar el espacio aéreo (y que se vio agravada por la falta de repuestos para los radares primarios móviles AN TPS 43 como consecuencia de la discontinuación por parte de su fabricante), generaron un panorama en el cual era prácticamente imposible para la FAA el cumplimiento de su rol como autoridad aeronáutica. En estas circunstancias, la FAA necesitaba adquirir los medios necesarios para cumplir con su rol referido a la vigilancia y control del espacio aéreo (Decreto 1407/04 y Fuente 4, 2015).

Adicionalmente, en un marco más general, es necesario resaltar el hecho de que luego de algo más de una década de gobiernos de corte neoliberal (iniciados con la presidencia de Carlos Menem y continuados durante el gobierno de Fernando de la Rúa) Argentina había caído en una grave crisis institucional, a fin del año 2001. En este sentido la llegada al gobierno de Kirchner, luego del gobierno de transición de Duhalde, significó un cambio en la coalición gobernante que impulsó un rotundo giro en la orientación de las políticas económicas, industriales y tecnológicas, y en ese contexto hubo una re-orientación hacia el aprovechamiento de la capacidad industrial ociosa a fin de reactivar la industria y procurar sustituir importaciones. Adicionalmente, y en forma gradual, se irían impulsando diversas políticas públicas en las que, al igual que sucedió con el SINVICA, el desarrollo nacional de tecnología era un componente central de las mismas. Sin embargo, cabe apuntarse que hubo cierta desarticulación en este tipo de políticas tecnológicas, puesto que pese a la creación del MINCyT en 2007, una gran cantidad de éstas fueron impulsadas por el MPFIPyS, así como también, aunque en menor medida, por el MD.

### **8.2.2 El aprendizaje orientado a la política pública**

El rol activo de la FAA en la política de radarización implicó que los radaristas fueran tanto los generadores como los ejecutores de esta política pública. En este sentido, a lo largo de la trayectoria de la especialidad radar en la FAA se fueron constituyendo aprendizajes que se plasmaron en las capacidades previamente analizadas, y que incluyeron la posibilidad de establecer vínculos con las mayores esferas del poder político del país, a través de los sucesivos gobiernos.

En este sentido, según Fuente 2 (2017) uno de los principales factores que permite, según su opinión, explicar el apoyo político al desarrollo de radares, sobre todo en sus inicios, fue que en los círculos de radaristas de la FAA se comprendió que, en un contexto en el cual durante fines de la década de 1980, la de 1990 e inicios de la de 2000, había habido una “sostenida desinversión en materia de mantenimiento y recuperación de los medios materiales de las Fuerzas [Armadas], con la significativa disminución de capacidades operativas que ello conlleva” (Ministerio de Defensa, 2007: 8), el desarrollo nacional de radares pudo ser explicado (tanto al poder político como a la opinión pública) como una herramienta dual. Es decir, más allá de los fines militares, se pudo explicar la utilidad de los radares tanto en el ámbito civil para el control de tránsito aéreo, como en su uso coordinado con las fuerzas de seguridad en la lucha contra el narcotráfico. De esta manera la FAA se constituiría en coordinación con las fuerzas de seguridad, en un actor clave en el marco de iniciativas de lucha contra este flagelo. Con el correr del tiempo en la sociedad se iría instalando una preocupación creciente por la temática, y de esta manera el desarrollo y utilización de radares primarios diseñados y construidos en el país, sería esgrimido desde los gobiernos nacionales kirchneristas como una manera de demostrar que el Estado tomaba cartas en este delicado asunto.

### **8.2.3 El cambio en las creencias centrales como catalizador al cambio de las políticas públicas**

En esta tesis se postula que el cambio en la agenda de la política de radarización en la Argentina se debió a un cambio operado en las creencias centrales de los radaristas de la FAA, basado en procesos de aprendizaje en el marco de esta política pública, respecto de la factibilidad de producir tecnología radar en Argentina. A fin de comprender este cambio en las creencias centrales, es necesario retrotraernos hasta la década de 1970 con el SICEA, y posteriormente, a la década de 1990, con el PNR: ambos planes que se orientaron a la adquisición de sistemas llave en mano constituyeron, desde una perspectiva operativa sendos fracasos, al no lograr llevarse a la práctica ninguno de ellos.

Sin embargo, las capacidades que se fueron adquiriendo al interior de la FAA a lo largo de su trayectoria vinculadas con la adquisición de material y la evaluación técnica de estos

planes integrales de radarización, sumada a las dificultades que se experimentaban en cuanto a la operatividad del material (es decir, los radares) en un contexto de nuevas problemáticas (sobre todo narcotráfico y amenaza terrorista), llevaron a que a inicios de la década de 2000 hubiera una necesidad imperiosa de renovar dicho material.

En forma contemporánea a esta necesidad, surge de manera casi fortuita un inicial contacto con INVAP, que había desarrollado un radar SAR para el satélite SAO-COM, que ofrecía a la FAA un radar para los aviones Pucará. Pese a que el radar ofrecido no era una alternativa viable para estos aviones, este contacto abrió las puertas para que se generara un acercamiento entre estas dos organizaciones. Luego de que los radaristas de la FAA se interiorizaran del grado de dominio de tecnología radar que manejaba INVAP, se ofreció a la empresa que diseñara un prototipo de radar secundario durante el año 2002. Paralelamente, los radaristas de la FAA comenzaron a impulsar la idea de desarrollar nacionalmente radares secundarios en los niveles superiores de la FAA, y por ello se considera que fungieron de “guerrilleros tecnológicos”, según la caracterización de Adler (1988), al impulsar el desarrollo de una tecnología autónoma en un contexto periférico.

Este cambio en la percepción de la FAA respecto de la posibilidad de desarrollar nacionalmente radares, que implicaba además dejar de lado una prácticamente absoluta dependencia tecnológica en la materia, puede explicarse por medio de la idea de aprendizaje orientado a las políticas, y por la noción de modificación de las creencias centrales de los actores de una coalición de causa, expuestos por Sabatier y Weible (2007). En este sentido, la capacidades residentes en la FAA referidas a generación de requerimientos técnico-operativos, armados de pliegos de licitaciones y la evaluación técnica de las propuestas recibidas en las licitaciones públicas internacionales del pasado, permitieron contar con personal en condiciones de evaluar la capacidad de la empresa INVAP en general, y de su propuesta de desarrollo nacional de tecnología radar en particular.

De esta forma, el aprendizaje orientado a las políticas que como actor central en la política de radarización fue realizando la FAA, fue generador de un cambio fundamental en las creencias centrales de los radaristas y desde allí se impulsó una nueva política pública de radarización, plasmada en un nuevo plan integral. Esta solución implicaba reducir sensiblemente la dependencia tecnológica del país, aprovechar la capacidad de compra del

Estado para sustituir importaciones, utilizar las capacidades existentes en el país, y en definitiva, incorporar la dimensión del desarrollo de la tecnología radar dentro de la política de radarización.

Sintetizando, puede afirmarse que un cambio perceptual llevó a los radaristas a considerar que era posible desarrollar tecnología de radares secundarios en la Argentina, de forma tal que impulsaron, una vez más, un nuevo plan de radarización que incorporaba este aspecto. Este cambio en las creencias centrales, vinculado a su capacidad de acción a nivel de políticas públicas de radarización, permitió dejar de lado años de dependencia tecnológica en la materia, y posteriormente impulsar el desarrollo de radares primarios.

#### **8.2.4 La incorporación de valores desde los actores hacia la política pública**

La inclusión, en la política de radarización de la posibilidad del desarrollo nacional de tecnología, como forma de aprovechar las capacidades existentes en el país, llevo a que se incorporara el fin de propugnar al desarrollo del país en esta política, en forma temprana a lo que posteriormente fueron las políticas tecnológicas llevadas a cabo durante los gobiernos kirchneristas de los años 2003 a 2015<sup>91</sup>, y que impulsaron el desarrollo de la ciencia y tecnología nacional como vehículo para lograr soberanía tecnológica. Esta particularidad, que ciertamente está por fuera de la radarización en sí misma, se tornó en un aspecto central -y diferenciador- del SINVICA y como se ha mostrado, posteriormente pasó también a formar parte de las normas internas del MD<sup>92</sup> referidas a la temática.

Estos cambios en los valores y creencias centrales de la FAA, que se dieron en concordancia con la voluntad política de impulsar el desarrollo de tecnologías nacionales del gobierno de Néstor Kirchner, implicaron que a partir del año 2005 también se comenzara a analizar la posibilidad de desarrollar radares primarios. En este sentido, se considera que INVAP ya había comenzado a operar en el marco de una coalición de causa con FAA, puesto

---

<sup>91</sup> Recuérdese que Néstor Kirchner asume la presidencia de la Nación en diciembre de 2003 y que el Decreto 1407 es de Octubre de 2004.

<sup>92</sup> Véase por ejemplo la Resolución MD 1150/10, en la que el MD aprueba la compra de la primera serie de RPAs a INVAP.

que fueron los representantes de la empresa quienes iniciaron las conversaciones con el Presidente Kirchner sobre la posibilidad de que el gobierno nacional apoyara el desarrollo del Radar Primario Argentino, en la visita que éste realizara a San Carlos de Bariloche con motivo de la inauguración del RSMA instalado en el aeropuerto de dicha ciudad. Posteriormente, durante los gobiernos de Cristina Fernández de Kirchner (entre 2007 y 2015) se daría continuidad a estos desarrollos tecnológicos.

### **8.2.5 La coalición de causa entre INVAP y FAA como componente del subsistema de la política de radarización**

Que INVAP se constituyera, en un aliado clave de la FAA, en el marco de una coalición de causa, puede ser visto tanto como causa así como también como consecuencia de este giro en la política pública puesto que, si bien ambas instituciones tenían intereses distintos, el desarrollo nacional de radares servía a los fines de ambas: a la FAA al permitirle eliminar la dependencia tecnológica respecto de empresas extranjeras a fin de llevar adelante tanto el control del espacio aéreo como del tráfico aéreo de la Argentina, uno de sus fines institucionales. Para INVAP, la posibilidad de desarrollar una nueva línea de productos que le permitiría insertarse en nuevos mercados, aprovechando conocimientos residentes al interior de su estructura y diversificando el tipo de tecnologías que ofrecía. A su vez, con el correr del tiempo estas capacidades permitirían que INVAP se constituyera en proveedora de soluciones para la defensa.

Sin embargo, todo el trabajo concerniente al desarrollo de tecnología radar no estuvo exento de presiones: en la FAA hubo que vencer la inercia, sobre todo antes de comenzar los desarrollos, que suponía la larga tradición de compra de sistemas llave en mano extranjeros en materia de radares. Esta opción si bien generaba dependencia tecnológica, permitía a los decisores de la FAA recurrir a soluciones conocidas y seguras (en términos de dotar de capacidad operativa a los radaristas) y no arriesgarse a tener que asumir el riesgo inherente al posible fracaso del desarrollo tecnológico en el marco de la contratación de una firma nacional con limitada experiencia en el diseño y fabricación de radares. Por ello, la disponibilidad de fondos por parte de INVAP se tornó un aspecto coyuntural fundamental, dado que permitió zanjear las dudas respecto al riesgo tecnológico inherente al proyecto que pudieran suscitarse,

puesto que la empresa iniciaría a riesgo propio el desarrollo tanto de radares secundarios como primarios.

### **8.3 El marco integrador: El caso visto desde el enfoque COST**

Al inicio de esta tesis se planteaba que la misma es atravesada por una tensión constituida por la influencia mutua que hay entre sociedad y tecnología. El caso analizado permite ver cómo la sociedad y la tecnología conforman efectivamente un tejido sin costuras, puesto que el desarrollo de la tecnología radar en la Argentina no puede analizarse sin tener en cuenta la influencia que en el mismo tuvo la sociedad, particularmente según se ha mostrado, a través del cambio en la agenda de la política pública de radarización. De esta manera, se ha analizado que el desarrollo de tecnología radar fue consecuencia de la acción de actores sociales, representados fundamentalmente por la FAA e INVAP.

Paulatinamente, el logro de resultados satisfactorios en el desarrollo de radares secundarios, basado en la utilización y generación de capacidades dinámicas, permitió reforzar la percepción de que era posible avanzar aún más en el desarrollo de esta tecnología. De esta manera se impulsó, luego del desarrollo del prototipo del radar secundario, el desarrollo del RPA, y posteriormente el desarrollo de un sistema de radares meteorológicos.

Adicionalmente, el trabajo de INVAP en el área de radares dio lugar a que paulatinamente la empresa se constituyera en un proveedor de soluciones para las Fuerzas Armadas de la Argentina, y comenzara a trabajar en conjunto con la DGFM y FAdeA. Un indicador en este sentido, es el recuento de los proyectos que tiene la empresa en el área de desarrollo de radares previamente detallados, u otros desarrollos vinculados al sector defensa. Así, INVAP agregó una nueva área de negocios que le permitió, además de mantenerse como proveedora de soluciones de las industrias nuclear y espacial, constituirse en proveedora de soluciones para la defensa, si bien hasta el momento, solo a nivel nacional, con proyecciones de constituirse, al menos en un proveedor regional, gracias a los conocimientos y capacidades adquiridos a lo largo de su trayectoria, así como también gracias a aquellos adquiridos en forma específica para este fin.

Esto lleva a pensar que de la interacción entre FAA e INVAP tuvo diversos resultados. Uno de ellos se relaciona con la creación de los artefactos en sí (RPA, RSMA y sistemas vinculados a ambos). Pero también es necesario tener en cuenta que dicha interacción generó – y fue luego reforzada por- un cambio en la política pública de radarización. Si bien la agenda de dicha política no cambió significativamente desde la promulgación del Decreto 1407/04, en los documentos asociados a la ejecución de la misma que fueron generándose en el marco temporal abordado por esta tesis, se verifica un afianzamiento en la orientación de la política pública de radarización hacia al aprovechamiento de la capacidad de compra del Estado para impulsar el desarrollo nacional de esta tecnología.

A su vez, este cambio en la política pública se basó en la incorporación de INVAP a la coalición de causa de la radarización en el país, que a su vez fue posible gracias a la combinación de capacidades acumuladas a lo largo de la trayectoria socio-técnica de INVAP y de la trayectoria de la FAA: la primera a partir del uso de meta-capacidades, capacidades dinámicas que poseía, y otras que creó y fortaleció *ad-hoc*, a fin de poder desarrollar radares; la segunda echando mano de capacidades y conocimientos vinculados al uso y mantenimiento de radares, pero también de generación de pliegos de licitación, análisis de propuestas y generación de requerimientos funcionales y técnicos.

A lo largo del caso se mostró que la co-construcción entre sociedad y tecnología fue un proceso facilitado por medio de las capacidades organizacionales construidas a lo largo de trayectorias de más de 40 años. De forma similar, el desarrollo de la política pública en la cual se enmarcó este desarrollo también requirió del paso del tiempo a fin de que se afianzaran procesos de aprendizaje. En este contexto hay dos hechos a resaltar. El primero se refiere al inicio prácticamente accidental de la relación entre FAA e INVAP basado en la elevación por parte de INVAP de una propuesta de desarrollo tecnológico a la FAA que si bien no prosperó, por estar fuera de los parámetros necesarios, desencadenó una serie de acontecimientos que permitieron dejar de lado la dependencia tecnológica en un área sensible. De aquí se desprende la necesidad de generar espacios en los cuales diversos oferentes de soluciones tecnológicas puedan dar a conocer sus capacidades a potenciales clientes, entre los que la inclusión de reparticiones y organismos públicos es necesaria.

El segundo, es que a lo largo de la trayectoria de la FAA, el contexto de dependencia tecnológica en el que trabajaron los radaristas, sentó las bases (en la forma de capacidades referidas al radar) para generar desarrollo tecnológico autónomo. De allí, la necesidad de generar conocimientos y capacidades para el uso y comprensión de tecnologías foráneas, que a largo plazo permitan el desarrollo de capacidades propias referidas a dichas tecnologías.



# Anexo I - Cronología

Fecha	Hecho relevante	Impacta en		Legislación y Resoluciones ministeriales
		RSMA	RPA	
Principios de 2003	INVAP eleva propuesta de SAR para aviones Pucará a la FAA			
Mar-2003	Acuerdo Marco entre FAA e INVAP para la fabricación de prototipo de RSMA	x		
10-Abr-2003	Contrato entre FAA e INVAP para desarrollo a riesgo de la empresa de prototipo y serie de diez RSMA	x		
10-Dic-2003	Néstor Kirchner asume la presidencia de la nación			
14-Oct-2004	Creación del SINVICA	x	x	Decreto 1407/04
02-Abr-2005	MD Autoriza a FAA para contratar la fabricación de prototipo y serie de 10 RSMA	x		Resolución MD 375/05
10-Dic-2005	Cambio de autoridades ministeriales. Asume Nilda Garré como Ministra de Defensa.			
15-May-2006	Creación de Comisión Ministerial de Revisión del SINVICA	x	x	Resolución MD 480/06
17-Nov-2006	Contrato MD-INVAP para RSMA (prototipo y 10 radares)	x		Resolución MD 1244/06
15-Mar-2007	Creación de la ANAC			Decreto 239/07
29-Nov-2007	El control del Tránsito Aéreo pasa del CRA a la ANAC			Decreto 1770/07
	Homologación OACI y recepción del primer RSMA instalado en Bariloche			
13-Dic-2007	Contrato DGFM-INVAP para prototipo RPA.		x	Contrato DGFM 1774
29-Oct-2008	PEN aprueba el contrato DGFM-INVAP		x	Decreto 1774/08
17-Sep-2010	MD Aprueba Especificaciones técnicas del Contrato DGFM-INVAP para serie de 6 RPA		x	Resolución MD 1150/10
24-Nov-2010	Contrato ANAC-INVAP para segunda serie RSMA (11 radares)	x		Resolución MPFIPyS 12883/10
08-Ago-2014	Ultimo RSMA de la segunda serie instalado y operativo en Ushuaia, totalizando 22 RSMA operativos.	x		
06-Nov-2015	Contrato MD-INVAP para RPA (segunda serie - 6 radares)		x	
12-Nov-2011	Control del Tránsito Aéreo pasa de la ANAC a la DGCTA			Decreto 1840/11



# Anexo II - La Inversión Pública realizada en radares

El Decreto 1407/04, refiere que el SINVICA contaría con un presupuesto de doscientos treinta y seis millones de pesos (\$236.000.000) asignados por Ley 25.827 (Presupuesto Nacional del año 2004) al programa 18 “Radarización”. Además, preveía que el sistema estaría compuesto por la cantidad y tipos de radares descriptos en la Tabla 6.

**Tabla 6 - Radares componentes del SINVICA según el Decreto 1407/04**

(i) Radares 3D de gran alcance fijo:	36 Radares
(ii) Radares 3D de gran alcance móviles:	6 Radares
(iii) Radares 3D de corto alcance	9 Radares
(iv) Radares 2D (Operando en 2004 en FAA)	4 Radares
(v) Radares Secundarios (RSMA)	11 Radares
(vi) Radares Aerotransportados:	3 Aeronaves

Fuente: Decreto 1407/04

Como puede observarse en la Tabla 6, el Decreto 1407/04 puso de manifiesto que INVAP ya estaba trabajando en el desarrollo de radares secundarios, aunque como se mencionó previamente, esta actividad la empresa la realizaba a riesgo propio. Esta situación no se salvó hasta dos años después de la creación del SINVICA: recién el 17 de noviembre de 2006, el MD aprobaría, por Resolución 1244/06, el contrato firmado entre dicho Ministerio e INVAP SE en Abril de 2003 (es decir tres años y siete meses antes), para la provisión de un prototipo RSMA y la posterior fabricación e instalación de la primera serie de 10 radares secundarios<sup>93</sup>. El precio total de este contrato fue de \$43.362.892,00,

<sup>93</sup> Cabe señalarse que hubo, que hubo varias “marchas y contramarchas” (Banti, Bizzolatti, y Losada, 2007: 10) en la formalización del contrato y su respectiva aprobación, razón por la cual el trabajo a riesgo de INVAP llevó algún tiempo más que el originalmente previsto. Si bien a noviembre de 2006, el prototipo del RSMA presentaba un “avanzado estado de desarrollo” aún no se había firmado un contrato para su fabricación ni para la primera serie de 10 radares. Si bien existieron un acuerdo marco de marzo de 2003, un

incluyendo el IVA, de los cuales \$5.471.571,07 correspondían a la finalización del desarrollo del prototipo del RSMA y su instalación en el aeropuerto de Bariloche; \$34.127.954,40 para la fabricación de la serie de diez RSMA. El monto restante era para repuestos, sistema soporte de análisis de radares, manuales y capacitación en operación y mantenimiento. Si se toma en cuenta la erogación final, el precio promedio pagado por cada RSMA y el prototipo de la Serie 1, y sus correspondientes repuestos, puesta en marcha, capacitación y garantía, fue de \$3.942.081,09. Otros gastos adicionales como la homologación y los gastos para la representación técnica del comitente sumaron \$1.600.000 adicionales

Una vez que nueve, de los once radares de la primera serie de RSMA estaban instalados y operativos, el 24 de noviembre de 2010, el MPFIPyS aprueba el pliego de condiciones legales y administrativas y autoriza a la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) a realizar la compra a INVAP, por medio de contratación directa, de once RSMA adicionales, de esta forma habría un total de veintidós realizando tareas de control de tráfico aéreo, cubriendo casi la totalidad del espacio aéreo argentino con radares secundarios de construcción nacional<sup>94</sup>. Este segundo contrato estableció un precio total sin IVA, y sin incluir la obra civil<sup>95</sup>, de \$ 64.979.733,00, que equivalía a un precio unitario de \$ 5.907.248 por cada RSMA. El precio de estos radares se componía de materiales nacionales

---

contrato de fecha 10 de abril de 2003, y un proyecto de decisión administrativa de fecha 2 de abril de 2005, por no haber sido aprobados por el Jefe del Estado Mayor de la Fuerza Aérea y del Jefe de Gabinete de Ministros, respectivamente, el vínculo formal entre INVAP y la FAA estaba regido por el acuerdo marco de marzo de 2003 (Resolución MD 1244/2006; Banti, Bizzolatti, y Losada, 2007). Por otro lado el día 7 de Noviembre de 2006, por medio del Decreto 1592/06 se asigna el presupuesto para la realización de los trabajos y contrataciones necesarias para el desarrollo del SINVICA al MD, puesto que se consideraba que “los vínculos contractuales aconsejaban” que fuere este Ministerio el comitente en vez de a la FAA (Decreto 1592/06).

<sup>94</sup> Nótese que el Decreto 1407/04 estipula que el SINVICA se compondría solo por once radares secundarios. Una de las fuentes consultadas mencionó que el incremento en la cantidad de radares secundarios se debió a la baja cobertura de radares de tránsito aéreo en el país en un contexto de aumento del mismo (Fuente 3, 2016). Asimismo este cambio en la ejecución en la política pública durante su ejecución puede interpretarse como indicativo del dinamismo que el tráfico aéreo ha adquirido en los últimos años.

<sup>95</sup> A diferencia del contrato por la Serie 1, en esta contratación INVAP también se encargaba de la infraestructura que constaba de obra civil, torre de radares y servicios (cableado, iluminación, motores, etc.). El precio total pagado por este componente fue de \$63.710.267,00 de los cuales 40,49% correspondía a mano de obra y el resto a componentes (MPFIPyS, 2010).

en un 27,17%; materiales importados 30,61% y mano de obra nacional 42,22%, con lo que el 69,39% del desarrollo de cada uno era nacional.

**Tabla 7 - Detalle de la inversión pública realizada en el desarrollo y fabricación de radares primarios y secundarios en Argentina**

<b>Serie 1 – Prototipo y 10 RSMA – (noviembre de 2006)</b>	
Diseño preliminar (año 2003)	\$4.715.878,00
Prototipo RSMA (incluyendo instalación)	\$5.471.571,07
Fabricación de 10 RSMA	\$34.127.954,40
Stock de Repuestos para prototipo y 10 RSMA	\$2.639.896,09
Equipamiento Sistema de soporte de análisis de Radares, mantenimiento ( 3 años) y curso de capacitación para 5 personas	\$713.121,44
Manuales de Prototipo y RSMA y del sistema de soporte de análisis de Radares	\$306.523,00
Entrenamiento personal FAA en operación y mantenimiento RSMA	\$103.826,00
Representante técnico del comitente	\$1.000.000,00
Homologación OACI	\$600.000,00
<b>Total Prototipo y Serie 1 RSMA (total 6 radares)</b>	<b>\$49.678.770,00</b>
<b>Serie 2 - 11 RSMA (noviembre de 2010)</b>	
Antenas	\$13.492.580,00
Pedestales	\$12.057.590,00
Electrónica	\$30.676.693,00
Instalación y puesta en marcha	\$2.313.998,00
Repuestos	\$4.385.227,00
Garantía, Mantenimiento y Gestión	\$1.872.116,00
Capacitación	\$181.530,00
<b>Total Serie 2 RSMA (sin tener en cuenta obra civil)</b>	<b>\$64.979.734,00</b>
<b>Prototipo RPA3D-LA (diciembre 2007)</b>	
Diseño, desarrollo, construcción, puesta en servicio, certificación, homologación y provisión del prototipo que permitiera la detección, vigilancia, identificación y control del espacio aéreo	\$141.577.492,00
Gastos de Personal de FAA para Representación técnica en fabrica, Dirección del Proyecto, Certificación de avances y Certificación y homologación del Prototipo	\$1.081.600,00
<b>Total Prototipo RPA3D-LA</b>	<b>\$142.659.092,00</b>
<b>Serie 1 RPA3D-LA (5 radares y upgrade RPO)</b>	<b>\$1.000.000.000,00</b>
<b>Serie 2 RPA3D-LA (6 radares, año 2015) no ejecutado.</b>	<b>\$1.080.000.000,00</b>
<b>TOTAL inversión en diseño y desarrollo de radares 2003-2010</b>	<b>\$2.237.317.596,00</b>

**Obra civil**

**Serie 1 RSMA**

Construcción Torres Serie 1 y Prototipo	\$10.500.000,00
---	-----------------

**Serie 2 RSMA**

Obra Civil	\$15.929.160,00
------------	-----------------

Servicios	\$17.823.743,00
-----------	-----------------

Torres	\$29.057.264,00
--------	-----------------

---

**Fuentes:** Elaboración propia en base a

Serie 1: Resolución MD 1244/06; PEN 2007 (Informe N°70) Decreto 1572/02 Anexo I;

Serie 2: Resolución MPFIPyS 12883/10;

RPA: Contrato DGFM 1774

---

# Bibliografía

- Adler, E. (1988). State Institutions, Ideology, and Autonomous Technological Development: Computers and Nuclear Energy in Argentina and Brazil. *Latin American Studies Association*, 59-90.
- Aguiar, D. (2011). Análisis de procesos socio-técnicos de construcción de tecnologías intensivas en conocimiento en la Argentina. Un abordaje desde la sociología de la tecnología sobre una empresa de biotecnología en el sector salud: el caso Bio Sidus S. A. (1975-2005). *Tesis de Doctorado*. FLACSO - Doctorado en Ciencia Sociales.
- Albornoz, M. (1999). Indicadores y la política científica y tecnológica. México D.F.: IV Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología.
- Anónimo. (1951). Electrónica Puntal de la Aeronáutica. *Mundo Atómico*, 2(5), 74-78.
- Anónimo. (1952). Ciencia Electrónica. *Mundo Atómico*, 3(7), 51-62.
- Artopoulos, A. (2012). *Tecnología e innovación en países emergentes. La aventura del Pulqui II (1947-1960)*. Buenos Aires: Lenguaje Claro Editora.
- Austin, B. A. (1992). Radar in World War II. The South African Contribution. *Engineering Science and Education Journal*, 1(3), 121-130.
- Banti, L., Bizzolatti, J., y Losada, J. E. (2007). *Radarización - Segunda parte*. Buenos Aires: Observatorio de Políticas Públicas del Cuerpo de Administradores Gubernamentales. Jefatura de Gabinete de Ministros.
- Barcelona, E., y Villalonga, J. (1992). *Relaciones Carnales. La verdadera historia de la construcción y destrucción del misil Cóndor II*. Buenos Aires: Planeta.
- Barrett, D. (2016, Oct 21). *The Radar Pages*. Retrieved Oct 21, 2016, from The Radar Pages: <http://www.radarpages.co.uk/mob/ch/chainhome11.htm>

- Battan, L. (1977). *El radar explora la atmósfera*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Belini, C. (2014). La Dirección General de Fabricaciones Militares y su papel en la industrialización de posguerra (1941-1958). En M. Rougier (Ed.), *Estudios sobre la industria argentina I* (pp. 47-89). Carapachay: Lenguaje Claro.
- 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 history of radar* (pp. 267-283). Piscataway, New Jersey: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum.
- 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 H. Thomas, y A. Buch, *Actos, actors y artefactos. Sociología de la Tecnología* (pp. 19-62). Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Blinder, D. (2009). El control de tecnologías duales como poder político militar. El caso "espacial" argentino. *Question*, 1(24).
- Blinder, D. (2011). Tecnología misilística y sus usos duales: aproximaciones políticas entre la ciencia y las Relaciones Internacionales en el caso del V2 alemán y el Cóndor II argentino. *Revista CTS*, 6(18).
- Brown, L. (1999). *A radar history of World War II - Technical and military imperatives*. Bristol: Institute of Physics Publishing.
- Canteros, S. (2011, Julio 01). *Industria Militar Argentina*. Retrieved 06 13, 2013, from [industriamilitarargentina.blogspot.com.ar/2011/07consideraciones-del-ministro-de-defensa.html](http://industriamilitarargentina.blogspot.com.ar/2011/07consideraciones-del-ministro-de-defensa.html)
- Cerquerira Leite, R. (2002). O SIVAM: uma oportunidade perdida. *Estudos avançados*, 16(46), 123-130.

- Chernyak, V. S., y Immoreev, I. Y. (2009). A brief history of radar in the soviet union and Russia. *IEEE AyE Systems Magazine, Sept 2009 INSERT*, B1-B31.
- Cowan, R., y Foray, D. (1995). Quandaries in the economics of dual technologies and spillovers from military to civilian research and development. *Research Policy*, 24(6), 851-868.
- Dagnino, R. y Thomas, H., (2000). Elementos para una renovación explicativa-normativa de las políticas de innovación latinoamericanas. *Espacios*, 21(2), 5-30.
- Dagnino, R., Thomas, H., y Davyt, A. (1996). El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. *Redes*, 3(7), 13-52.
- de León, P. (2017). El proyecto del misil Cóndor. Su origen, desarrollo y cancelación. Carapachay: Lenguaje Claro Editora.
- Del Bello, J. C. (2014). Argentina: Experiencias de transformación de la institucionalidad pública de apoyo a la innovación y al desarrollo tecnológico. En G. Rivas, y S. Rovira, *Nuevas instituciones para la innovación. Prácticas y experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Denzin, N. K. (1970). *The Research Act in Sociology*. Chicago: Aldine.
- Eisenhardt, K. M., y Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: what they are? *Strategic Management Journal*, 21(Oct-Nov 2000), 1105-1121.
- Falconi, P. G. (2005). A modernização da FAB pelo SIVAM. *Textos y Debates*(8), 43-59.
- Feld, A. (2011). Las primeras reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en la Argentina: 1968-1973. *Redes*, 17(32), 185-221.
- Goebel, G. (2013, Febrero 01). *The Wizard War: WW2 y The Origins Of Radar*. (libro electrónico) Retrieved Julio 01, 2013, from [www.vectorsite.net/ttwiz.html](http://www.vectorsite.net/ttwiz.html)

- Gómez Lee, M. I. (2012). El marco de las coaliciones de causa - advocacy coalition framework. *Revista Opera*(12), 11-30.
- González, O. F. (2014). *Vigilancia y Control Aéreo en Argentina*. Buenos Aires: Ediciones Argentinidad.
- Guarnieri, M. (2010). The early history of radar. *IEEE industrial electronics magazine*, Sep 2010, 36-38; 42.
- Gutiérrez, C. (2013). IMPSA: atractivos y paradojas del éxito tecnoindustrial en la periferia. En H. Thomas, G. Santos, y M. Fressoli, *Innovar en Argentina* (pp. 71-104). Carapachay: Lenguaje Claro.
- Herrera, A. O. (1973). Los Determinantes Sociales de la Política Científica en América Latina - Política científica implícita y política científica explícita. *Desarrollo Económico*, XIII(Nº 49).
- Hira, A., y De Oliveira, L. (2007). Take off and crash: lessons from the diverging fates of the Brazilian and Argentine aircraft industries. *Competition and Change*, 11(4), 329-347.
- Hurtado, D. (2010). *La Ciencia Argentina. Un proyecto inconcluso: 1930-2000* (1º ed.). Buenos Aires: Edhasa.
- Hurtado, D. (2014). *El sueño de la Argentina Atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)*. Buenos Aires: Edhasa.
- INVAP SE. (2006). *30 años INVAP - Tecnología Argentina para el mundo*. Buenos Aires: Artes Gráficas Buschi (impresor).
- James, R. J. (1989). A history of radar. *IEE Review*, 35(9), 343 - 349.
- Jasanoff, S. (2004). Ordering knowledge, ordering society. En S. Jasanoff, *States of knowledge. The co-production of science and social order* (págs. 13-44). New York: Routledge.

- Jenkins-Smith, H. C., y Sabatier, P. A. (1994). Evaluating the Advocacy Coalition Framework. *Journal of Public Policy*, 14(2), 175-203.
- 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 H. P. O. Blumtritt, *Tracking the History or Radar* (pp. 171-183). Piscataway: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum.
- Kostenko, A., Nosich, A. I., y Tishchenko, I. A. (2001). Radar prehistory, soviet side: three coordinate L-band pulse radar developed in Ukraine in the late '30s. *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2001 IEEE . 4*. Boston: IEEE.
- Kozulj, R., y Lugones, M. (2007). INVAP y el desarrollo de una trama tecnológica: evolución histórica y situación actual. En G. Yoguel, M. Delfini, D. Dubbini, M. Lugones, y I. Rivero (Eds.), *Innovación y empleo en tramas productivas de Argentina* (pp. 323-348). Buenos Aires: Prometeo Libros.
- Kozulj, R., Reising, A., García, M., y Lugones, M. (2005). *Estudio de la trama productiva Invap S.E.* Bariloche: Subproyecto Fundación Bariloche PAV 57/2003 (IDEE 2005-16).
- Kreimer, P., y Thomas, H. (2004). Un poco de reflexividad o ¿de dónde venimos? Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina. En P. Kreimer, y H. Thomas, *Producción y uso social de conocimientos: estudios de sociología de la ciencia y la tecnología* (págs. 11-89). Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- 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 or Radar* (pp.

- 25-46). Piscataway: IEEE - Rutgers Center for the History of Electrical Engineering and Deutsches Museum.
- Kulfas, M. (2016). *Los Tres Kirchnerismos. Una historia de la economía argentina 2003-2015*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Lalouf, A. (2004). Desarrollo Tecnológico en Países Periféricos a partir de la cooptación de Recursos Humanos Calificados. Aviones de Caza a Reacción en la Argentina. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 11(35), 221-248.
- Lalouf, A. (2005). Construcción y Desconstrucción de un 'caza nacional': análisis socio-técnico de la experiencia de diseño y producción de los aviones Pulqui I y Pulqui II (Argentina 1946/2960). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Quilmes - Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad.
- Lavarello, P., y Sarabia, M. (2015). *La política industrial en la Argentina durante la década de 2000*. Santiago de Chile: CEPAL-ONU.
- Lugones, M. (2008). La conformación del sector nuclear argentino: la empresa INVAP. En C. Lorenzano, *Historia de la ciencia III: selección de ponencias de las terceras jornadas de historia de la ciencia argentina* (pp. 159-166). Caseros: Universidad Nacional del Tres de Febrero.
- Lugones, M. (En prensa). Política nuclear y democracia en un contexto de reforma estructural. La cancelación del programa nucleoelectrico durante el gobierno de Alfonsín. En D. Aguiar, M. Lugones, J. M. Quiroga, y F. Aristimuño, *Desarrollo tecnológico y políticas en la Argentina de la posdictadura. Análisis de las políticas públicas de ciencia y tecnología entre 1983-2015*,. Viedma: UNRN.
- Martin, O., Borges, M., Croci, M., Michilg, M. E., Losada, E., Banti, L., et al. (2006). *Políticas de Defensa y Seguridad Internacional. Políticas de Defensa y Seguridad Internacional. Operaciones de Mantenimiento de Paz MINUSTAH. Control del*

- Espacio Aéreo Radarización*. Buenos Aires: Observatorio de Políticas Públicas del Cuerpo de Administradores Gubernamentales. Jefatura de Gabinete de Ministros.
- MINCyT. (2012). *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015*. Buenos Aires.
- Ministerio de Defensa. (2010). *Libro Blanco de la Defensa 2010* (1° ed.). Buenos Aires: Ministerio de Defensa.
- Mintzberg, H. (1991). *Diseño de Organizaciones Eficientes*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., y Lampel, J. (2010). *Safari a la estrategia* (1° ed. ed.). Buenos Aires: Granica .
- Molas-Gallart, J. (1997). Which way to go? Defense technology and the diversity of 'dual use' technology transfer. *Research Policy*, 26(3), 367-385.
- Montenegro, R. (2012, Oct 10). La vigilancia aeroespacial en Argentina. *Gaceta Aeronáutica*.
- Nelson, R. R. (1991a). The Role of Firm Differences in an Evolutionary Theory of Technical Advance. *Science and Public Policy* , 18(6), 347-352.
- Nelson, R. R. (1991b). Why Do firms differ, and how does it matter? *Strategic Management Journal*, 12(S2), 61-74.
- Page, R. M. (1962). The early history of radar. *Proceedings of the IRE*, 50(5), 1232-1236.
- Pastor, C. (1952). *Intercepción*. Buenos Aires: Círculo de Aeronáutica - Colección Aeronáutica Argentina.
- Picabea, F. (2010). *Análisis de la trayectoria tecno-productiva de la industria estatal argentina. El caso IAME (1952-1955). Tesis de Maestría*. Buenos Aires.
- Potash, R. A. (1981a). *El ejército y la política en la Argentina 1928-1945. De Yrigoyen a Perón*. Buenos Aires: Sudamericana.

- Potash, R. A. (1981b). *El ejército y la política en la Argentina 1945-1962. De Perón a Frondizi*. Buenos Aires: Sudamericana.
- Prahalad, C., y Hamel, G. (1990). The core competence of the organization. *Harvard Business Review*, 90(3), 79-91.
- Prebisch, R. (1976). Crítica al capitalismo periférico. *Revista de la CEPAL*, 7-73.
- 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.
- Raccanello, M., y Rougier, M. (2014). Tractores y mitos del Estado empresario peronista. En M. Rougier (Ed.), *Estudios sobre la industria argentina I* (pp. 145-196). Carapachay: Lenguaje Claro.
- Rodríguez, M. (2014). Avatares de la industria nuclear en Argentina. Análisis y contextualización del Plan Nuclear de 1979. *H-Industri@*, 8(15), 30-55.
- Rougier, M. (2013). Militares e Industria: las alternativas de la producción minero-metalúrgica en la Argentina. En M. Rougier (Ed.), *Estudios sobre la industria Argentina 3* (págs. 267-310). Carapachay: Lenguaje Claro.
- Sabatier, P. A. (1987). Top-Down and Bottom-Up Approaches to Implementation Research: a Critical Analysis and Suggested Synthesis. *Journal of Public Policy*, 6(1), 21-48.
- Sabatier, P. A., y Jenkins-Smith, H. C. (1993). *Polity change and learning: an advocacy coalition framework*. Boulder: Westview Press.
- Sabatier, P. A., y Weible, C. M. (2007). The Advocacy Coalition Framework. Innovations and Clarifications. En P. A. Sabatier, *Theories of the Policy Process* (pp. 189-220). Boulder, Colorado: Westview Press.
- Sábato, J. (2004). *Ensayos en campera*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Sábato, J., y Mackenzie, M. (2014 [1979]). *Tecnología y*

- estructura productiva. En S. Harriague, y D. Quilici (Eds.), *Estado, Política y Gestión de la Tecnología. Obras Escogidas (1962-1983)* (pp. 183-199). San Martín: UNSAM Edita.
- Sábato, J. (2014 [1980]). Desarrollo Tecnológico en América Latina y el Caribe. En S. Harriague, y D. Quilici (Edits.), *Estado, Política y Gestión de la Tecnología. Obras Escogidas (1962-1983)* (pp. 201-218). San Martín: UNSAM Edita.
- Schein, E. H. (2004). *Organizational Culture and Leadership*. San Francisco: Jossey-Bass .
- Schlager, E. (1993). A Comparison of Frameworks, Theories, and Models of Policy Process. En P. A. Sabatier, *Theories of the policy process* (pp. 233-260). Boulder: Westview Press.
- Schvarzer, J. (1979). Empresas públicas y desarrollo industrial en Argentina. *Economía de América Latina*(3).
- Seijo, G. L., y Cantero, J. H. (2012). ¿Cómo hacer un satélite espacial a partir de un reactor nuclear? Elogio de las tecnologías de investigación de Invap. *Redes*, 18(35), 12-44.
- Seijo, G., y Cantero, J. H. (2008). ¿Cómo construir un satélite a partir de un reactor nuclear? El enfoque de las capacidades dinámicas en empresas tecnológicas. (IDEE 2008-04). In: R. Kozulj, *Proyecto de estudio de las tramas productivas en Argentina - PAV 57/2003*. Bariloche: Fundación Bariloche.
- Sinnot, D. H. (2005). Defense Radar Development in Australia: 1939 to the Present. *IEEE AyE Systems Magazine*, 27-31.
- Skupch, P. R. (1972). Nacionalización, libras bloqueadas y sustituciones de importaciones. *Desarrollo Económico*, 12(47), 477-493.
- 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.
- Tamayo Sáez, M. (1997). El análisis de las políticas públicas. En R. Bañón, y E. Castillo, *La nueva administración pública* (pp. 281-312). Madrid: Alianza Universidad.
- Teece, D. J., y Pisano, G. (1998). The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction. En G. Dosi, D. Teece, y C. Josef (Eds.), *Technology, Organization and Competitiveness. Perspectives on industrial and corporate change*. Oxford: Oxford University Press.
- Teece, D. J., Pisano, G., y Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Thomas, H. (1999). Dinâmicas de inovação na Argentina (1970-1995) Abertura comercial, crise sistêmica e rearticulação - Tesis de Doctorado. *Tesis Doctoral*. Campinas: Departamento de Política Científica e Tecnológica UNICAMP.
- Thomas, H. (2013). Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico. En H. Thomas, y A. Buch, *Actos, Actores y Artefactos* (págs. 217-262). Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Thomas, H., Versino, M., y Lalouf, A. (2008). La producción de tecnología nuclear en Argentina: el caso de la empresa INVAP. *Desarrollo Económico*, 47(188), 543-575.
- Thomas, H., Versino, M., y Lalouf, A. (2013). Invap: una empresa nuclear y espacial argentina. En H. Thomas, G. Santos, y M. Fressoli, *Innovar en Argentina. Seis trayectorias empresariales basadas en estrategias intensivas en conocimiento* (pp. 105-150). Carapachay: Lenguaje Claro.
- Thumm, M. (2001). Historical German contributions to physics and applications of electromagnetic oscillations and waves. (pp. 623-643). Nizhny Novgorod, Russia: Proceedings of the International Conference Dedicated to the 100th Anniversary of A.A. Andronov.

- Tomlin, D. H. (1988). From searchlights to radar: the history of anti-aircraft and coastal defense development (1917-1953). *History of Electrical Engineering, Papers Presented at the Sixteenth I.E.E. Week-End Meeting on the*.
- Varsavsky, O. (1969). *Ciencia, Política y científicismo*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Vera, M. N., Guglielminotti, C. R., y Moreno, C. D. (2015). La participación de la Argentina en el campo espacial: panorama histórico y actual. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 26(51), 326-349.
- Versino, M. S. (2006). Análise sócio-técnica de processos de produção de tecnologias intensivas em conhecimento em países subdesenvolvidos. A trajetória de uma empresa nuclear e espacial argentina (1970-2005). Universidad Estadual de Campinas - Instituto de Geociencias, Brasil: Tesis Doctoral.
- Versino, M., Di Bello, M. E., y Buschini, J. (2013). El campo de los estudios sociales en ciencia y tecnología y la formulación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación productiva en el periodo democrático (1983-2013). *Cuestiones de Sociología* (9), 359-365.
- Weible, C. M., y Nohrstedt, D. (2013). The advocacy coalition framework: coalitions, learning and policy change. En E. Araral, S. Fritzen, M. Howlett, M. Ramesh, y X. Wu, *Routledge Handbook of Public Policy* (125-137). New York: Routledge.
- Weible, C. M., Sabatier, P. A., y McQueen, K. (2009). Themes and Variations: taking stock of the Advocacy Coalition Framework. *The Policy Studies Journal*, 37(1), 121-140.
- Wilkinson, R. I. (1946). Short survey on Japanese radar - I. *Electrical Engineering*, 65(Aug-Sept), 370-377.



# Documentos y Fuentes

Bria, O. N. (2010, Dic 06). Desarrollo y Fabricación de Radares Secundarios en Argentina. *Presentacion de Acrobat Reader*. San Carlos de Bariloche, Rio Negro, Argentina.

Castro Olivera, J. (01 de Agosto de 1999b). Impugnarían la licitación de radares. *La Nación*.

CITEDEF. (2014). *www.citedef.gob.ar*. Recuperado el 14 de 10 de 2014, de <http://www.citedef.gob.ar/institucional/resena-historica/>

CONAE. (2010). *Plan Espacial Nacional Argentina en el Espacio 2004-2015. Actualización 2010-2015*. Buenos Aires.

CONAE. (2016). *CONAE - Misiones satelitales*. Retrieved 10 12, 2016, from <http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/misiones-satelitales>

Fuerza Aérea Argentina. (ca. 2010a). *Programa Argentino de Desarrollo de Sensores Radar. Una mirada desde sus protagonistas: FAA - INVAP*.

Fuerza Aérea Argentina. (ca. 2010b). *Radar Primario. Su evolución hasta el proyecto Radar Primario Argentino (RPA)*.

Fuerza Aérea Argentina. (2013). *Fuerza Aérea Argentina - Grupo de Vigilancia y Control del Espacio Aéreo*. Retrieved Nov 06, 2013, from [www.fuerzaaerea.mil.ar/mision/vycea.html](http://www.fuerzaaerea.mil.ar/mision/vycea.html)

INVAP SE. (2008). Estados contables al 30-Jun-2008.

INVAP SE. (2009). Estados Contables al 30-Jun-2009.

INVAP SE. (2010). Estados contables al 30-Jun-2010.

INVAP SE. (2011). Estados contables al 30-Jun-2011. Bariloche.

- INVAP SE. (2012). Memoria y Balance. Ejercicio Económico finalizado el 30 de Junio de 2012. Bariloche.
- INVAP SE. (2013). Estados Financieros correspondientes al ejercicio económico finalizado el 30 de Junio de 2013. Bariloche.
- INVAP SE. (2014c). Estados Financieros correspondientes al ejercicio finalizado el 30-Jun-2014. Bariloche.
- INVAP SE. (2015a). Estados Financieros correspondientes al ejercicio finalizado el 30 de junio de 2015. Bariloche.
- INVAP SE. (2015b). *INVAP en la puesta en funcionamiento el tercer Radar Primario Argentino y firma de nuevo contrato*. Recuperado el 22-Dic-2016, desde <http://www.invap.com.ar/es/la-empresa/sala-de-prensa/novedades/1386-invap-en-la-puesta-en-funcionamiento-el-tercer-radar-primario-argentino-y-firma-de-nuevo-contrato.html>
- INVAP SE. (2016). Estados Financieros correspondientes al ejercicio finalizado el 30-Jun-2016. Bariloche.
- INVAP SE. (S/D). Radar Secundario Monopulso Argentino (folleto). Buenos Aires.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. (2012). *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015*. Buenos Aires.
- Ministerio de Defensa. (2006). Resolución 1244/06. Buenos Aires.
- Ministerio de Defensa. (2006). Resolución 480. Buenos Aires.
- Ministerio de Defensa. (2007). *Caracteres y Fundamentos del Modelo Argentino de Modernización del Sector Defensa*. Buenos Aires.
- Ministerio de Defensa. (2010). Resolución 1150/10. Buenos Aires.

- MPFIPyS. (2007, Dic 13). Contrato 1774 entre DGFM e INVAP SE. Buenos Aires.
- MPFIPyS. (2010, Nov 24). Resolución 12883/10. Buenos Aires.
- MPFIPyS. (2011, Jun 21). Resolución 924. Buenos Aires.
- Naval History and Heritage Command. (2017 [1943]). *U.S. Radar: Operational Characteristics of Radar Classified by Tactical Application - FTP 217*. Recuperado el 14 de Febrero de 2017, de [www.history.navy.mil](http://www.history.navy.mil): <https://www.history.navy.mil/research/library/online-reading-room/title-list-alphabetically/u/operational-characteristics-of-radar-classified-by-tactical-application.html>
- Poder Ejecutivo Nacional. (2004). Decreto 1407/04. Buenos Aires.
- Poder Ejecutivo Nacional. (2005). Decreto 532/05. Buenos Aires.
- Poder Ejecutivo Nacional. (2006). Decreto 1592/06. Buenos Aires.
- Poder Ejecutivo Nacional. (2007). Decreto 239/07. Buenos Aires.
- Poder Ejecutivo Nacional. (2008). Decreto 1774/08. Buenos Aires.
- Poder Ejecutivo Nacional. (2011). Decreto 1840/11. Buenos Aires.
- Presidencia de la Nación (2015). Teleconferencia de la Presidente de la Nación Cristina Fernández de Kirchner con el Ministro de Defensa Agustín Rossi, personal de la FAA y de INVAP [archivo de video]. Recuperado el 06 de diciembre de 2016 de <https://www.youtube.com/watch?v=e6-S0DFTkRQ>
- RAF Museum. (2016, Oct 21). *RAF Museum*. Recuperado el 21 de Oct de 2016, de RAF Museum: <http://www.rafmuseum.org.uk/research/online-exhibitions/history-of-the-battle-of-britain/radar-the-battle-winner.aspx>

- Runza, R. (2005). *Inconsistencias técnicas, financieras y operativas del Nuevo Plan Nacional de Radarización. Análisis y Propuesta*. Instituto de Estudios Estratégicos de Buenos Aires. Recupeado el 18 May 2015, de [www.ieeba.com.ar](http://www.ieeba.com.ar)
- Télam. (2013a, Nov 09). *Argentina dio un fuerte impulso a la radarización en los últimos años y se cubrió gran parte del país*. Recuperado el 22 de Dic de 2016, de Telam <http://www.telam.com.ar/notas/201311/40075-argentina-dio-un-fuerte-impulso-a-la-radarizacion-en-los-ultimos-anos-y-se-cubrio-gran-parte-del-pais.html>
- Telam. (2013b, Nov 09). *En los últimos diez años creció la cantidad de radares de uso civil y militar*. Recuperado el 22 de Dic de 2016, de Telam <http://www.telam.com.ar/notas/201311/40076-en-los-ultimos-diez-anos-crecio-la-cantidad-de-radares-de-uso-civil-y-militar.html>

# Entrevistas

---

Por motivos de confidencialidad se acordó con las fuentes mantenerlas en el anonimato. Por lo tanto, las mismas figuran numeradas y sin indicación de cargo específico.

---

Fuente 1. (2014a, Abr 25). Entrevista a Personal Jerárquico de Invap. (J. M. Quiroga, Entrevistador)

Fuente 1. (2014b, Mayo 05). Entrevista a Personal Jerárquico de Invap. (J. M. Quiroga, Entrevistador)

Fuente 2. (2014a, Junio 06). Entrevista a Oficial Superior Fuerza Aérea Argentina. (J. M. Quiroga, Entrevistador)

Fuente 2. (2014b, Jul 04). Entrevista a Oficial Superior Fuerza Aérea Argentina. (J. M. Quiroga, Entrevistador)

Fuente 2. (2017, Mar 16). Entrevista a Oficial Superior Fuerza Aérea Argentina. (J. M. Quiroga, Entrevistador)

Fuente 3. (2014a, Jun 27). Entrevista a Personal de INVAP SE. (J. M. Quiroga, Entrevistador)

Fuente 3. (2016, Dic 15). Entrevista a personal superior de INVAP SE (J. M. Quiroga, Entrevistador)

- Fuente 4. (2014, Julio 30). Entrevista (vía e-mail) a Oficial Superior Retirado de la Fuerza Aérea Argentina. (J. M. Quiroga, Entrevistador)
- Fuente 4. (2015, Mar 03). Entrevista a Oficial Superior Retirado de la Fuerza Aérea Argentina. (J. M. Quiroga, Entrevistador)
- Fuente 7. (2014, Nov 2014). Entrevista a Ingeniero de INVAP. (J. M. Quiroga, Entrevistador)
- Fuente 8. (2014, Nov 11). Entrevista a Ingeniero de INVAP. (J. M. Quiroga, Entrevistador)
- Fuente 9. (2014, Dic 02). Entrevista a Ingeniero de Fuerza Aérea Argentina. (J. M. Quiroga, Entrevistador)
- Fuente 10. (2011, 11 30). P Entrevista a personal Jerárquico Invap SE. (D. Quatrini, Entrevistador)
- Fuente 11. (2014, Oct 28). Entrevista a Personal Jerárquico de INVAP. (J. M. Quiroga, Entrevistador)
- Fuente 12. (2014, Oct 24). Entrevista a Ex Funcionario del Ministerio de Defensa. (J. Quiroga, Entrevistador)