



INVESTIGACIÓN

Dinámicas socio-cognoscitivas en un sector conocimiento-intensivo. Nahuelsat S.A. (1993-2007)

Cáceres, Yamila Noely*

Resumen

En este artículo se analizaron las dinámicas socio-cognoscitivas que favorecieron la emergencia y el desarrollo de la operación de satélites geoestacionarios a fines del siglo XX en Argentina. Para ello, se recuperó la experiencia de la empresa privada Nahuelsat S.A. entre 1993 y 2007. El período bajo análisis comprende desde la creación de la empresa para ocupar las posiciones orbitales asignadas a la Argentina por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) hasta la cesión de sus activos financieros, edificios y humanos a Argentina Satelital S.A. (ARSAT S.A.), una empresa pública argentina constituida en el año 2006. Durante este período se establecieron las condiciones sociales y cognitivas que hicieron posible la operación local de satélites de telecomunicaciones, el desarrollo de nuevos satélites y la institucionalización de nuevos saberes.

Palabras clave: dinámicas socio-cognitivas; tecnologías conocimiento-intensivas; sector satelital de telecomunicaciones; Nahuelsat S.A.

Este artículo se desprende de una investigación de mayor alcance realizada para acceder al título de magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Asimismo, estuvo enmarcado en un proyecto PICT 2017 3176 denominado «Tecnologías conocimiento-intensivas en Argentina. Análisis socio-técnico de experiencias locales de investigación y desarrollo: el caso INVAP-ARSAT para la explotación de la órbita geoestacionaria y las bandas de frecuencia (2004-2017)». Una versión previa se presentó en el Laboratorio de Papers de ESOCITE (2020). Enviado el 19/6/2021, aprobado el 1/4/2022, publicado el 02/ 05/ 2022.

DOI: <https://doi.org/10.33255/3364/1080>

Autoría: Conicet/ Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (Argentina).

Contacto: ycaceres@conicet.gov.ar



Socio-cognoscitive dynamics in a knowledge-intensive sector. Nahuelsat S.A. (1993-2007)

Abstract

This article presented advances on the socio-cognitive dynamics that favored the emergence and development of the geostationary satellite operation at the end of the 20th century in Argentina. For this, the experience of the private company Nahuelsat S.A. was recovered between 1993 and 2007. The period under analysis ranges from the creation of the company to occupy the orbital positions assigned to Argentina by the International Telecommunications Union (ITU), to the transfer of its financial, building and human assets to Argentina Satelital S.A. (ARSAT S.A.), an Argentine public company established in 2006. During this period the social and cognitive conditions were established that made possible the local operation of geostationary satellites, the definition of mission requirements for the development of new satellites and the institutionalization of new knowledge.

Keywords: socio-cognitive; dynamics; knowledge-intensive technologies; satellite telecommunications sector; Nahuelsat S.A.

Dinâmicas sociocognitivas em um setor intensivo em conhecimento. Nahuelsat S.A. (1993-2007)

Resumo

Neste artigo são analisadas as dinâmicas sociocognitivas que favoreceram o surgimento e o desenvolvimento da operação de satélites geoestacionários no final do século XX na Argentina. Para isso, foi recuperada a experiência da empresa privada Nahuelsat S.A. entre 1993 e 2007. O período em análise abrange desde a criação da empresa para ocupar as posições orbitais atribuídas à Argentina pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) até a cessão de seus ativos financeiros, imobilizados e humanos para Argentina Satelital S.A. (ARSAT S.A.), uma empresa pública argentina constituída em 2006. Nesse período foram estabelecidas as condições sociais e cognitivas que possibilitaram a operação local de satélites de telecomunicações, o desenvolvimento de novos satélites e a institucionalização de novos conhecimentos.

Palavras-chave: Dinâmicas sociocognitivas; Tecnologias intensivas em conhecimento; Setor de satélites de telecomunicações; Nahuelsat S.A.

Introducción

La órbita geoestacionaria es un recurso natural limitado a 36.000 kilómetros del Ecuador terrestre, en el que los Estados ejercen soberanía mediante la puesta en órbita de satélites en las distintas posiciones orbitales. La interrelación entre la posición en órbita, la frecuencia de radio y el área de cobertura sobre la superficie terrestre conforma el recurso órbita-espectro (Elbert, 2008).

Hacia la década de 1980, el recurso órbita-espectro estaba ocupado en un 60% de su capacidad por satélites de EE. UU. y la URSS, mientras que el 40% restante estaba bajo control de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), un organismo dependiente de Naciones Unidas encargado de regular el acceso del recurso órbita/espectro entre el resto de los países. En dicho escenario, diversas entidades gubernamentales, de las fuerzas armadas y del complejo científico-tecnológico argentino consideraron necesaria la creación de un Sistema Satelital Nacional para satisfacer la demanda existente en el sector de comunicaciones (Mazzaro, 1993). En 1985, en función de los análisis de prefactibilidad técnicos y de mercado realizados, la UIT adjudicó a la Argentina dos posiciones en el recurso órbita/espectro con un plazo de seis años para su ocupación efectiva (Res. 1.202 SC/93). Si bien la solicitud de reserva de puntos orbitales amplió los recursos naturales del Estado (G, EP, 2019), estos no fueron ocupados hasta 1993, luego de ser asignados mediante un Concurso Público Nacional e Internacional (Decreto PEN n.º 549, 1991) a la Unión Transitoria de Empresas (UTE) (Decreto PEN n.º 153/93). Para el cumplimiento de las exigencias impuestas en el pliego de licitación, los directivos de las firmas que constituían la UTE crearon una empresa en suelo argentino, Nahuelsat S.A. (Estatuto de Nahuelsat S.A., 1993).

El objetivo del presente artículo es analizar las dinámicas socio-cognoscitivas generadas en Argentina durante el período 1993-2007 a partir de la creación de Nahuelsat S.A., las cuales permitieron desarrollar un nuevo sector económico, el de las telecomunicaciones vía satélite. El período bajo análisis comprende la fase operativa de Nahuelsat S.A. hasta su reemplazo por la empresa pública ARSAT S.A., en 2007.

En función de ello, los interrogantes que guiaron esta investigación fueron: ¿Cuáles fueron las estrategias institucionales implementadas para la ocupación y explotación de las posiciones orbitales y bandas de frecuencia asociadas? ¿Cómo se utilizaron las capacidades de I+D existentes en el país? ¿Cómo y quiénes generaron y aplicaron los conocimientos producidos localmente?

La experiencia resulta de interés puesto que, en un sentido histórico, recupera las bases sobre las que se constituyó el desarrollo de la operación satelital de

telecomunicaciones en la economía argentina, sector que se consolidó con la posterior experiencia de la empresa ARSAT S.A.¹ Al mismo tiempo, contribuye al debate sobre la producción de conocimiento y generación de capacidades tecnológicas en contextos semiperiféricos (Arrighi, 1990) al problematizar nociones que reducen las intervenciones tecnológicas locales a adaptaciones menores y de bajo contenido innovador. El relevamiento empírico de una amplia variedad de operaciones tecnológicas llevadas a cabo con diverso grado de creatividad permite explicar la adecuación de los artefactos importados al contexto local, su puesta en funcionamiento y la creación de nuevos procesos asociados.

1. Apartado teórico-metodológico

Para analizar la ocupación de las posiciones orbitales y bandas de frecuencia asignadas a la Argentina por Nahuelsat S.A. se hizo uso en primer lugar del concepto de *capacidades tecnológicas*. Según Katz (1978), las *capacidades tecnológicas* son «un cierto flujo de conocimientos tecnológicos incrementales localmente generados, que actúan complementando –por vía de adaptaciones, mejoras, etcétera– el diseño tecnológico originalmente importado» (Katz, 1978:9). A inicios del siglo XXI, Kim (2001) las definió como las habilidades que posibilitan a una firma asimilar, emplear, adaptar y modificar tecnologías existentes, al mismo tiempo que pueden crear y desarrollar nuevas tecnologías. Gutti consideró que las *capacidades tecnológicas* «involucran el conocimiento y las habilidades necesarias para adquirir, usar, adaptar y crear tecnología» (Gutti, 2008:8).

Tras la identificación de las capacidades tecnológicas, en esta investigación se analizaron los procesos de aprendizaje que permitieron el desarrollo de estas. Para ello se consideró el «aprendizaje por la práctica» (Arrow, 1962), el «aprendizaje por el uso» (Rosenberg, 1982), el «aprendizaje por interacción» (Lundvall, 1985) y el aprendizaje formal.

Finalmente, dado que el conocimiento puede ser explícito y tácito, se consideraron las interacciones existentes entre estos dos tipos de conocimientos. Para ello, se hizo uso de las categorías propuestas por Nonaka y Takeuchi (1995): 1. *socialización* (proceso por el cual los actores comparten sus experiencias y se crea conocimiento tácito); 2. *exteriorización* (proceso por el cual el conocimiento tácito es articulado en forma de conceptos); 3. *combinación* (proceso que involucra la combinación de distintos cuerpos teóricos); y 4. *interiorización* (proceso de conversión del conocimiento explícito y codificado en conocimiento tácito).

Se introduce el concepto de *dinámicas socio-cognoscitivas* para identificar el proceso continuo de desarrollo de capacidades tecnológicas en una empresa mediante la interrelación de distintos procesos de aprendizaje individuales y colectivos e interacciones establecidas entre el conocimiento explícito e implícito. Este proceso tiene lugar en un espacio estructurado a lo largo del tiempo y atravesado por relaciones de cooperación (simétricas) (Sebastián, 2007) y relaciones de poder y dominación (asimétricas) (Arocena y Sutz, 2006; Blinder y Hurtado de Mendoza, 2019) tanto al interior de la firma como inter-firmas a partir de la existencia de intereses científico-tecnológicos, políticos, económicos, geopolíticos, geoeconómicos, entre otros.

De acuerdo a los objetivos planteados y el marco teórico seleccionado, en esta investigación se adoptó una perspectiva metodológica cualitativa basada en la triangulación de datos. Para reconstruir la trayectoria de la empresa y las estrategias institucionales se analizaron el Estatuto, las memorias y balances de la empresa Nahuelsat S.A. entre 1993 y 2009; comunicados de prensa e informes, y documentos publicados en revistas especializadas. Ante la existencia de ciertos vacíos en las fuentes escritas que imposibilitaban comprender la trayectoria de Nahuelsat S.A., se realizaron entrevistas semiestructuradas, presenciales y vía remota, a ingenieros y técnicos de la empresa.

Dadas las incongruencias, imprecisiones o fallas de memoria, dificultades propias de la metodología basada en entrevistas, se adoptó la triangulación de datos. De esta forma, en la investigación se consultaron diversas fuentes con el fin de yuxtaponer la información adquirida. Esto permitió sopesar los datos relevados en las fuentes primarias, tanto escritas como orales. En aquellas situaciones en que en las fuentes existiera divergencia, se utilizó aquella que pudiera ser sopesada con dos o más fuentes. En caso contrario, dicha información no fue considerada en la investigación (Valles, 1999).

A partir del marco teórico-metodológico construido se visibilizaron ciertos hechos estilizados de los cuales pueden desprenderse algunas conclusiones en torno a las dinámicas de producción de conocimientos tecnológicos en escenarios semiperiféricos. Se caracteriza a la Argentina como un país semiperiférico tanto en términos cuantitativos como cualitativos, puesto que posee una estructura económica dual con sectores tecno-productivos generadores de bienes de alto valor agregado—tales como el nuclear, aeroespacial, biotecnológico, entre otros— junto a sectores con baja participación en el Producto Bruto Nacional. Además, si bien Argentina presenta cierto desarrollo científico-tecnológico e industrial, ambas esferas aparecen desarticuladas. Finalmente, el sector con mayor dinamismo está situado en el agro y la exportación de *commodities*. Si bien la posición semiperiférica en el sistema-mundo favorece una mayor

apropiación de valor que la de los países de la periferia, resulta menor que la apropiación ejercida por los países centrales (Arrighi, 1990; Wallerstein, 1979).

Este artículo se posiciona en diálogo con literatura que tiene por objeto de estudio los procesos de producción de conocimientos y generación de capacidades tecnológicas en áreas estratégicas (Lalouf, 2005; Versino, 2006; Picabea y Thomas, 2015). Asimismo, constituye un complemento a los estudios realizados en el sector espacial en general, y satelital de comunicaciones en particular (Domínguez, 1991; O'Brien, 2016; Hurtado de Mendoza y Loizou, 2018; López, Pascuini y Ramos, 2019; Rey Sumay, 2021).

2. Nahuelsat S.A.

Entre 1985 y 1989 múltiples comisiones, lideradas por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) –una entidad dependiente de la Fuerza Aérea Argentina–, realizaron estudios con el fin de ocupar las posiciones orbitales asignadas (Mazzaro, 1993). Sin embargo, la ausencia de conocimientos sobre las cuestiones espaciales en el gobierno, la existencia de intereses político-corporativos contrarios al desarrollo de un sistema satelital nacional (D., ingeniero de la Armada Argentina y miembro de la Comisión Académico Universitaria para la ocupación de las posiciones orbitales, entrevista personal [EP], 2019; G., asesor de la Secretaría de Comunicaciones en 1991, EP, 2019), las crecientes críticas internacionales hacia la CNIE y las Fuerzas Armadas en un contexto geopolítico de tensión derivado por las sospechas bélicas sobre el proyecto Cóndor II (Blinder, 2015) y la crisis político-económica hiperinflacionaria argentina imposibilitaron la ocupación efectiva de tales recursos.

En 1989, el gobierno nacional sancionó la Ley de Reforma del Estado y la Ley de Emergencia Económica, las cuales modificaron estructuralmente el escenario político-económico argentino al promover la intervención de las empresas públicas, sustentar las transferencias de activos estatales al sector privado y otorgar libertad al Poder Ejecutivo para determinar las áreas a privatizar, entre las cuales se encontraba el área de comunicaciones. Dichas políticas se complementaron con la remoción de distintos mecanismos regulatorios, la liberalización del mercado de capitales y de divisas internacionales, la regulación regresiva del mercado de trabajo, la supresión del control de precios a bienes y servicios, el debilitamiento del Estado y la eliminación del régimen para la importación de bienes, entre otras medidas (Azpiazu y Schorr, 2010).

Si bien las comisiones encargadas de ocupar las posiciones orbitales consideraban necesaria la participación del sector privado, en particular en la provisión de componentes para el segmento terreno del sistema satelital, la dirección

y gestión del proyecto recaía en instituciones de carácter público. A partir del nuevo escenario económico, múltiples actores –altos oficiales de la Armada Argentina, la Secretaría de Comunicaciones, algunos académicos interesados en el espacio– se alinearon a las ideas del gobierno nacional y construyeron el problema y la solución de ocupación de las posiciones orbitales en función de la iniciativa privada (Cáceres, 2021). El Poder Ejecutivo Nacional interpelado por estos actores consideró el proyecto satelital de telecomunicaciones puesto que: 1. la estrategia de ocupación de las posiciones orbitales mediante la inversión privada se alineaba con la política de ajuste fiscal y privatización de empresas y servicios públicos llevada adelante en sectores estratégicos; y 2. el Sistema Satelital Nacional propuesto no representaba erogación alguna de fondos públicos (Domínguez, 2013).

Ante la desarticulación de la CNIE (Decreto PEN n.º 995/91), la toma de medidas económicas que aportaran credibilidad al país y el avance internacional de actores privados² sobre el recurso órbita/espectro con las consiguientes posibilidades de negocios, el gobierno nacional decidió ocupar las posiciones orbitales asignadas a la Argentina para satisfacer la creciente demanda de comunicaciones –llamadas telefónicas internacionales y servicios de televisión– insatisfecha por las redes terrestres (D., EP, 2019). Para ello, en 1991, convocó un Concurso Público Nacional e Internacional (Decreto PEN n.º 549/91), al cual se presentaron tres entidades extranjeras: Sistemas Satelitales S.A., INTELSAT y la Unión Transitoria de Empresas (UTE) (Res. SC n.º 2.593/98), siendo este último un *joint venture* integrado por las firmas estatales Aerospatiale Societe Nationale Industrielle, Alcatel Espace Societe Anonyme de Francia, Alenia Spazio Societa per Azioni de Italia, Deutsche Aerospace Aktiengesellschaft (DASA) de Alemania y Embratel de Brasil (Decreto PEN n.º 153/93). Debido a las características técnicas y el costo de los artefactos ofrecidos, la UTE resultó adjudicada en la licitación (Decreto PEN n.º 153/93).

En 1993, Aerospatiale, Alenia Spazio y DASA conformaron la empresa Nahuelsat S.A.³ con sede en la Ciudad de Buenos Aires (Estatuto de Nahuelsat S.A., 1993) y les transfirieron los derechos adquiridos en la licitación (Res. SC n.º 1.202/93). Si bien las empresas accionistas de Nahuelsat S.A. eran firmas de capital estatal en Europa, Nahuelsat S.A. en Argentina se constituyó como una sociedad anónima con mayoría de accionistas extranjeros (Estatuto de Nahuelsat S.A., 1993). Posteriormente, se incorporaron empresas y grupos económicos nacionales y extranjeros, ya que el estatuto preveía el aumento de capital mediante la venta de «acciones de participación». Esta empresa estaba encargada del uso y explotación de la posición orbital 72° O para brindar servicios de comunicaciones por satélites –radio, TV, TV directa al hogar, entre otros (Schober, 1996)–.

Una característica de la política económica argentina durante la década de 1990 fue la transferencia de recursos del Estado a fracciones del capital privado concentrado, ya sea extranjero puro o asociado con grupos económicos locales (Basualdo, 2013). Según Basualdo (2013), el Estado nacional obtuvo ingresos por las privatizaciones que en términos absolutos podrían considerarse aceptables; sin embargo, fueron irrisorios comparados con la valuación de los activos estatales transferidos al sector privado. La ocupación de las posiciones orbitales y bandas de frecuencia por Nahuelsat S.A. no reportó beneficio económico alguno para el Estado nacional. Por un lado, el contrato de concesión del recurso órbita/espectro contemplaba únicamente el pago de una tasa de control. ⁴ Por otro lado, el gobierno nacional aprobó el Decreto PEN n.º 2.501/93 que eximía de impuestos a la firma Nahuelsat S.A. respecto de los ingresos generados (Art. 1), sobre todos los activos vinculados a la actividad de provisión de servicios satelitales (Art. 2), de las utilidades obtenidas (Art. 3) y sobre los derechos de importación (Art. 4). En suma, la empresa Nahuelsat S.A. y sus accionistas accedieron a la explotación del recurso órbita/espectro asignado a la Argentina sin ningún tipo de erogación a nivel fiscal.

2.1. Entre la importación tecnológica «llave en mano» y la demanda de mano de obra local

Tanto el gobierno argentino como la gerencia de Nahuelsat S.A., siguiendo los principios liberales, adquirieron el sistema satelital argentino de telecomunicaciones en el mercado internacional. En 1993, la Comisión Nacional de Comunicaciones aprobó la ocupación de la posición 72° O mediante la adquisición de un Sistema Transitorio alquilado por Nahuelsat S.A. a Telesat S.A., una compañía canadiense (Res. CNT n.º 4688/93). El Sistema Transitorio estaba formado por dos satélites, Anik C-1 y Anik C-2. Debido a que Nahuelsat S.A. carecía de las instalaciones en tierra para el control de los satélites en órbita (Schober, 1996), estos satélites fueron operados por Paracom Satélites (PARACOMSAT S.A.). ⁵

En 1995, Eckart Schober, primer gerente general de Nahuelsat S.A., inició gestiones en Europa para la compra del sistema satelital permanente argentino «Sistema Nahuel» a empresas destacadas en el mercado internacional (Schober, 1996). Aerospatiale de Francia fue el contratista principal del Sistema Nahuel y estuvo a cargo de la fabricación de la plataforma satelital, de la provisión de algunos componentes, del soporte de maniobras y del software de vuelo. DASA fue responsable de la provisión de los componentes del subsistema de propulsión y del sistema de control electrónico, propulsores ⁶ y un sensor solar para el subsistema de control de actitud. Alenia Spazio fue la encargada de la construcción de la estación terrena ubicada en Benavidez (Boado, Aurelio y Nahuys, 2012).

En la cadena de valor del sistema satelital Nahuel, la participación de empresas extranjeras no se redujo a las firmas accionistas de Nahuelsat S.A. Durante las fases de diseño, fabricación, integración y ensayos del satélite Nahuel 1A, se registró la participación de otras firmas y centros espaciales europeos y estadounidenses (Breul, Kiehling y Niehaus, 2012).

Si bien el proceso productivo del Sistema Nahuel y un potencial segundo satélite para la ocupación de la segunda posición argentina -81° O- 2° estuvo bajo dominio extranjero, la fase de operación del artefacto y la venta de la capacidad satelital estuvieron a cargo de Nahuelsat S.A. (Memoria de Nahuelsat S.A., 1997). La gerencia de la compañía, formada en su totalidad por ingenieros franceses y alemanes vinculados directamente con las empresas accionistas, contrató ingenieros electrónicos argentinos graduados en universidades públicas nacionales (Memoria de Nahuelsat S.A., 1996). La gerencia de Nahuelsat S.A. solicitó a las universidades más reconocidas, entre las cuales estaban la Universidad de Buenos Aires (UBA) y la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), recomendaciones acerca de graduados recientes. Entre las exigencias, los funcionarios priorizaban el conocimiento técnico y un avanzado nivel de inglés, puesto que la formación específica para el control y operación de los satélites de telecomunicaciones era en el exterior (R., jefe de Proyecto ARSAT-1, EP, 2019). En 1995 la formación de recursos humanos en el sector satelital se hacía en el exterior debido a que en Argentina no existían carreras afines.

Los ingenieros electrónicos argentinos seleccionados recibieron una capacitación formal a tiempo completo, durante un año y medio, en las instalaciones de las empresas proveedoras del Sistema Nahuel.

La formación de los ingenieros en Francia fue mucho más formal porque Aérospatiale realizaba los mismos procesos con otros países. Ya tenían las carpetas hechas, le cambiaban el nombre del satélite... Los entrenadores eran entrenadores, no era gente que desempeñaba tareas manuales...En general eran formadores.

En Italia no había un equipo de formación. Quienes nos entrenaban eran las mismas personas que después trabajaban sobre la construcción de la Estación... Empezaron explicándonos conceptualmente el diseño de la estación terrena. Cuando se dieron cuenta de que no sabíamos nada de satélites empezaron de cero... Con las demoras del proyecto, la gente que nos formaba no podía estar dedicada al entrenamiento, entonces los cursos fueron más laxos. (R., EP, 2019)

Si bien todas las empresas involucradas ofrecían cursos teóricos para capacitar a la mano de obra ingenieril en cuestiones conceptuales, la dinámica

organizacional de tales empresas generó distintos procesos de aprendizaje. Mientras Aerospaziale tenía un área interna en la empresa con personal dedicado a la formación de recursos humanos calificados en la operación de las plataformas satelitales desarrolladas, Alenia Spazio no contaba con un plantel de profesionales dedicados exclusivamente a la formación de mano de obra, lo cual derivó en procesos de aprendizaje más autónomos y flexibles. Estos aprendizajes formales, de carácter teórico, permitieron que los ingenieros locales (utilizado a lo largo del texto como sinónimo de ingenieros argentinos) aprendieran conceptualmente los distintos subsistemas y componentes que conforman un sistema satelital (N., EP, 2019). En paralelo a la capacitación de los ingenieros en cuestiones espaciales, Nahuelsat S.A. adquirió una gran cantidad de documentación técnica específica sobre el manejo de la estación terrena, los subsistemas del satélite, el plan de vuelo, el simulador de satélite, los ensayos, los procedimientos de maniobras, entre otros (Decreto PEN n.º 626/07). Estas publicaciones producidas por agencias espaciales extranjeras y empresas del sector constituyeron un repositorio de conocimiento externo en las instalaciones de Nahuelsat S.A.

Con la misma lógica de contratación de mano de obra local, la gerencia de Nahuelsat S.A. solicitó recomendaciones de egresados recientes a escuelas técnicas con orientación en electrónica, entre las cuales se destacaba la ET n.º 1 Otto Krause y la Casa Salesiana Pío IX. Tras una entrevista y una serie de pruebas psicotécnicas, técnicas y de inglés, los funcionarios contrataron diez técnicos argentinos como controladores de satélite y cuatro técnicos como controladores de estación (A., jefe de Operaciones de ARSAT S.A., EP, 2019; R., EP, 2019).

Debido a la carencia de conocimientos satelitales o en telecomunicaciones de los técnicos contratados, la solución adoptada por Nahuelsat S.A. fue dictar los propios cursos de capacitación (R., EP, 2019). Con esta iniciativa, la empresa reclutaba mano de obra, la calificaba de acuerdo a sus necesidades y sorteaba las dificultades en torno a la ausencia de personal calificado local en materia satelital.

3. Producción de conocimientos y procesos de aprendizaje a partir de la operación de satélites geoestacionarios

En los primeros años, la gerencia de Nahuelsat S.A. tenía una política explícita de formación de mano de obra, la cual consistía en capacitar a los ingenieros argentinos en Europa y brindar cursos de capacitación para los controladores del satélite y la estación en las instalaciones de la empresa. Si bien esta estrategia formal favoreció entre la mano de obra argentina la adquisición de

conocimientos básicos, el análisis de la trayectoria de la firma (Cáceres, 2021) permitió identificar otros procesos de aprendizaje.

El primer año, en Nahuelsat quedó gente extranjera que vino a armar la estación y terminar de entrenar a los ingenieros que se entrenaron en Francia e Italia. Después del lanzamiento quedaron uno o dos franceses y un italiano de soporte local. (R., EP, 2019)

Tras la estadía en Europa, el equipo de ingenieros locales de Nahuelsat S.A. regresó a la Argentina para concluir su formación en la operación de satélites geoestacionarios. Los aprendizajes formales, de estilo cuasi universitario de los cursos, si bien prosiguieron mediante la consulta del material bibliográfico adquirido y cursos de entrenamiento específicos, se complementaron con múltiples aprendizajes informales desarrollados a partir de la interacción establecida con ingenieros franceses de Aerospatiale e italianos de Alenia Spazio, instalados en Benavidez.

La noción de «apredizaje por interacción» (Lundvall, 1985) asume una posición opuesta a los estudios que fundamentan los procesos de desarrollo en países semiperiféricos y periféricos a partir de la noción de transferencia de tecnología desde los países centrales. Las explicaciones construidas a partir de la noción de transferencia de tecnología presentan tres problemas: 1. el carácter unidireccional de la circulación de tecnología/conocimiento desde los países centrales a los países y regiones periféricas y semiperiféricas; 2. la pasividad de los actores receptores de tecnología/conocimiento, y 3. la invisibilidad de las capacidades de absorción (Cohen y Levinthal, 1989) y asimilación de los receptores de la tecnología/conocimiento. Como herramienta heurística superadora de los problemas mencionados se propone partir de la noción de *interacciones* entre actores.

Aerospatiale, como fabricante de la plataforma satelital, subcontrató a ingenieros de LSESpace GmbH para brindar apoyo a los ingenieros pertenecientes al Centre National D'Estudes Spatiales (CNES), responsables de la ejecución de algunas maniobras y para capacitar a los ingenieros argentinos tanto en la prueba y el funcionamiento del software del Centro de Control Satelital (CCS) de la estación terrena como en la adecuación de los procedimientos de maniobras a las características técnicas del satélite Nahuel (Breul, Kiehling y Niehaus, 2012).

Alenia Spazio, como responsable de la construcción de la estación de telecomando y telemetría en Benavidez, subcontrató a personal de DLR/GSOC (Agencia Espacial de Alemania) para la provisión del software del Centro de Control Satelital. DLR/GSOC, a su vez, subcontrató a personal de LSESpace

GmbH como soporte en la provisión y testeo de dicho software (Breul, Kiehling y Niehaus, 2012).

Las interacciones entre los ingenieros europeos pertenecientes tanto a las firmas accionistas y otros proveedores así como entre estos y sus pares argentinos contratados por Nahuelsat S.A. generaron dinámicas de aprendizaje basadas principalmente en la socialización de habilidades y experiencia (Nonaka y Takeuchi, 1995). Los ingenieros de Aerospatiale estaban encargados de construir los procedimientos de maniobras del satélite. La observación y seguimiento de tales maniobras, la formulación de preguntas y el intercambio de información en discusiones formales e informales permitieron el surgimiento de ciertos conocimientos tácitos entre los ingenieros argentinos. «Aprendimos un montón, pero ¿cómo hiciste bien el cálculo? ¿Por qué lo pusiste a esta hora, no antes o después? *Había parte del know-how que no te explicaban*» (A., EP, 2019. El subrayado es propio). En función de esto último, y puesto que el aprendizaje por interacción y los procesos de socialización de conocimientos están comprendidos en las dinámicas socio-cognoscitivas, es posible plantear los siguientes interrogantes: ¿Qué tipo de interacciones/socialización se promovían? ¿Qué circulaba y qué no? ¿Quién/es regulaba/n esas interacciones/socialización? Y ¿quién/es se apropiaba/n el conocimiento resultante?

La capacitación ofrecida por las empresas europeas accionistas incluía conocimientos con un alto grado de estabilización a nivel mundial, los cuales generaban en las firmas demandantes de satélites los saberes necesarios para mantener operativa la tecnología importada, en este caso el Nahuel 1A. Es decir, estas empresas estaban interesadas en transmitir las tecnologías, conocimientos y habilidades que permitieran ampliar sus unidades de negocio a otras latitudes. Por ello, si bien los ingenieros locales y los pertenecientes a las firmas accionistas establecieron relaciones personales de cooperación (simétricas), las mismas estaban atravesadas por lógicas de poder institucionales y comerciales que trascendían las acciones individuales y restringían el *know-how* en circulación.

Asimismo, la circulación de conocimiento se inscribe en un escenario mundial, en el cual existen ciertas reglas escritas y no escritas que definen cuáles Estados pueden desarrollar determinada tecnología, las condiciones de su desarrollo, los márgenes de beneficios y las condiciones de intercambio (Blinder y Hurtado, 2019) puesto que el conocimiento y la tecnología son dimensiones centrales no solo en la competencia comercial sino en el orden geopolítico. Por lo tanto, los intereses comerciales y las regulaciones existentes a nivel mundial, implícitas en las interacciones establecidas entre los ingenieros locales y extran-

jeros, limitaron y/o excluyeron el acceso de los primeros a nuevas tecnologías y conocimientos con facultades de alteración de dicho orden.

«El fabricante Aerospatiale armó un club donde invitaba a todos sus clientes... Así como vos me avisaste de esto, eso se socializaba... había información valiosa de la plataforma» (A., EP, 2019). El Nahuel 1A tenía una plataforma estabilizada en el mercado, puesto que era el noveno satélite con el modelo Spacebus. La empresa encargada de su fabricación, Aerospatiale, organizó un espacio de discusión con el objetivo de que los ingenieros de ESA Eutelsat,⁸ Turksat,⁹ Nahuelsat S.A. y GEAmericom,¹⁰ en tanto empresas que operaban una plataforma del modelo Spacebus, socializaran entre sí y con ingenieros de la empresa proveedora la experiencia acumulada en el manejo, así como los problemas encontrados y las soluciones adoptadas. Si bien esta iniciativa se constituyó en un escenario de aprendizajes sustantivos para Nahuelsat S.A. y otras firmas operadoras, el mismo estaba dominado por los intereses de la firma francesa.

Las interacciones gestadas en dicho ámbito, si bien promovían la cooperación entre empresas, estaban atravesadas por intereses de dominio comercial. En dicho espacio Aerospatiale no predefinía qué circulaba, lo cual posibilitaba la socialización y exteriorización en términos de Nonaka y Takeuchi (1995) de múltiples experiencias que los clientes habían experimentado mediante la operación de la plataforma Spacebus. Sin embargo, la empresa francesa en calidad de fabricante era quien regulaba y mayormente se apropiaba de las experiencias puestas en circulación y los conocimientos asociados. Tanto las experiencias como los conocimientos desarrollados y los errores encontrados por las empresas clientes/usuario de la plataforma se constituían en insumos para el perfeccionamiento de la misma y el mantenimiento de Aerospatiale como una de las empresas líderes en el mercado de fabricación satelital. La existencia de espacios como los promovidos por Aerospatiale contradice la lógica unidireccional existente en la noción de transferencia de tecnología. Estas relaciones institucionales asimétricas se profundizaban con empresas de formación reciente, con fuerte presencia de Aerospatiale en su masa societaria y radicadas en espacios semiperiféricos. Estas regiones, entre las cuales se encuentra América Latina, están condicionadas por reglas geopolíticas en cuanto al desarrollo de ciertas actividades y conocimientos que puedan constituirse en alteraciones del orden mundial (Blinder y Hurtado de Mendoza, 2019).

Más allá de las limitaciones generadas por los intereses comerciales y geopolíticos, la asistencia a cursos, conferencias y exposiciones internacionales permitió que algunos ingenieros de Nahuelsat S.A. tuvieran contacto con pares de otras firmas, entre las cuales estaban los propios accionistas, competidoras, proveedores y clientes. La observación, imitación, visibilización, intercambio

y práctica de experiencias sucedidas en tales empresas se constituyó en un cúmulo de capacidades mediante la articulación de conocimientos explícitos e implícitos o tácitos. Esta dinámica de retroalimentación –progresiva espiral ascendente– (Nonaka y Takeuchi, 1995) continuaba en Nahuelsat S.A. a partir de la circulación interna de los conocimientos. La reflexión, el intercambio de información y el entrecruzamiento de datos entre los propios ingenieros de la empresa favorecían el círculo virtuoso de creación de nuevas capacidades adecuadas socio-técnicamente a la Argentina.

En la trayectoria de Nahuelsat S.A. se identificaron dinámicas de aprendizaje que comprendieron otras dimensiones cognoscitivas, las cuales tuvieron un efecto sinérgico en los aspectos técnicos: 1. la socialización, reflexión, exteriorización y codificación de conocimientos tácitos desarrollados por la práctica; y 2. la resolución de problemas.

3.1. Aprendizajes por la práctica y mediante la codificación de conocimientos tácitos

Los saberes teóricos adquiridos en Europa y los procesos de aprendizaje mediante interacciones se complementaron con conocimientos desarrollados a partir de la práctica (Arrow, 1962). «Realmente aprendimos cuando se integraron las cosas acá en Benavidez (...) Nosotros terminamos haciendo las pruebas y aprendimos (...) La parte operativa la aprendés en campo» (R., EP, 2019). Si bien la puesta en funcionamiento de la estación terrena era responsabilidad de Alenia Spazio, el atraso de la misma respecto a la producción del satélite requirió la participación activa de la mano de obra local. Ello permitió que los técnicos e ingenieros locales desarrollaran conocimientos a partir del armado, testeado y puesta en operación de los equipos y la codificación de las actividades realizadas.

Entre 1996-1997, los técnicos adquirieron capacidades tecnológicas surgidas a partir del manejo del simulador satelital, artefacto que recreaba el funcionamiento del satélite y las condiciones del espacio, así como de las tareas de puesta en funcionamiento de la estación. El simulador permitió que los técnicos adquirieran conocimientos y habilidades mediante la ejecución repetida de comandos de maniobras tanto en situaciones de rutina como de emergencia, estos últimos generados primero por el fabricante y luego por ingenieros locales a partir de la introducción de distintos tipos de fallas (A., EP, 2019; R., EP, 2019). Además, el uso del simulador en tiempo real favoreció la generación de otras habilidades, tales como la resolución de problemas bajo presión y de forma imprevista, así como el mantenimiento operativo durante rutinas de trabajo por largos períodos de tiempo (A., EP, 2019). Estos procesos de aprendizaje por la práctica eran congruentes con los objetivos de Nahuelsat S.A. y sus accionistas

tendientes a desarrollar habilidades operativas locales, con el fin de ampliar las unidades de negocio en Sudamérica. Tales capacidades tecnológicas no constituían un desafío a los intereses comerciales y geopolíticos vigentes en el orden establecido, sino que propiciaban el mantenimiento del mismo.

Considerar que las interacciones entre los ingenieros estaban permeadas por lógicas de cooperación y poder no implica suponer un carácter pasivo entre los actores locales. Las capacidades endógenas –técnicas, organizacionales, entre otras– constituyen elementos claves en el aprovechamiento de los intersticios generados en las dinámicas socio-cognoscitivas. Las interacciones institucionales entre los ingenieros argentinos y los ingenieros de las firmas accionistas, mayormente favorables a los intereses de estas últimas, permitió, sin embargo, la generación local de los procedimientos de maniobras del satélite y del segmento terrestre, así como la interfaz entre ambos, desarrollos que en un inicio eran responsabilidad de los ingenieros de Aerospatiale, DASA y Alenia Spazio (N., jefe de Calidad y Aseguramiento de Producto de ARSAT S.A., EP, 2019; R., EP, 2019). Los procedimientos de operaciones son un conjunto de disposiciones para el control del satélite desde tierra. Existen procedimientos nominales que determinan los comandos a ejecutar durante el funcionamiento adecuado del satélite de acuerdo a los parámetros esperados, y de contingencia, comandos que se ejecutan en casos hipotéticos de falla (R., EP, 2019).

Los ingenieros y técnicos locales, como consecuencia de haber participado en el armado de la estación y el testeado de los equipos, acumularon conocimientos de carácter tácito mediante la repetición de ciertas tareas, las cuales dieron lugar a procesos de aprendizaje por la práctica (Arrow, 1962). Dado que el sector satelital se caracteriza por la rigurosidad y la certificación de los procesos desarrollados, el personal de Nahuelsat S.A. codificó tales conocimientos para su estabilización y reaplicación.

Está todo escrito, es la circulación de conocimientos de lo que se hizo, qué novedades hubo, qué no. Es el registro de lo que hiciste, es tu aporte. Todo se guarda. Es una información cruda que se guarda y se graba. (A., EP, 2019)

El proceso de aprendizaje comprendía una descripción detallada de las acciones llevadas a cabo y la introducción de modificaciones respecto a la forma estabilizada de acción, predefinida por las compañías con experiencia en el sector satelital, en este caso específico, las empresas accionistas. Por lo tanto, la codificación inicial involucraba un proceso de reflexión en torno a la tecnología importada, los aprendizajes teóricos adquiridos en Europa y la puesta en práctica de los mismos en el contexto local.

Con todas las mejoras que identificamos se generaba un ticket (...) En la mesa se contaba lo que pasó, las distintas opiniones, se acordaba y se ponía en una minuta (...) El día de mañana yo no estoy, agarrás y ahí está. Siempre tenemos chequeos cruzados, queda todo registrado. (A., EP, 2019)

Los documentos preliminares generados por el personal local de Nahuelsat S.A. contenían detalles relativos al modo de realizar cada una de las operaciones o comandos ejecutados de forma novedosa, el registro de las personas que habían estado involucradas, los inconvenientes encontrados y las soluciones adoptadas en cada caso. Estos documentos eran presentados, discutidos, reformulados y evaluados en las reuniones de rutina del área de Operaciones, formado por ingenieros argentinos, así como algunos ingenieros de Aerospa-tiale que se radicaron en forma definitiva en el país. Tras la evaluación de los documentos preliminares, continuaba el proceso de socialización y exteriorización de los aprendizajes (Nonaka, 1995) puesto que los responsables de la reunión designaban a un ingeniero como encargado de la redacción del *template*. Este documento interno de la empresa se configuraba como un repositorio de conocimiento imprescindible para la operación de los sistemas de la estación y del satélite. Como certificación de calidad de los procesos de producción del *template*, el documento era revisado por distintas áreas, dejándose registro de cada una de esas revisiones.

El proceso de codificación de los conocimientos adquiridos implicaba distintos procesos de aprendizaje comprendidos en una dinámica socio-cognoscitiva. Por un lado, había instancias de reflexión personal en las cuales se conceptualizaban las acciones llevadas a cabo. Por otro, había instancias de discusión colectiva entre pares en las cuales se combinaban (Nonaka, 1995) los conceptos construidos.

Cuadro n.º 1: Documentos producidos por Nahuelsat S.A. (1996-2000)

	Cantidad	Proporción (%)
Nahuel 1A	16	10
Informes	53	34
AIT*	1	1
LEOP**	3	1
Varios	84	54
TOTAL	157	100

Fuente: elaboración propia a partir de Decreto PEN n.º 626/07. Anexo I.

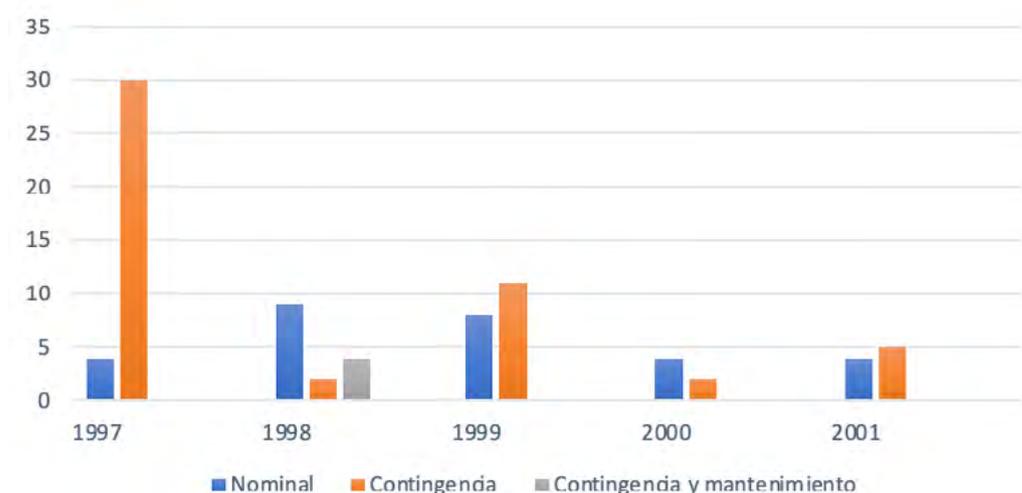
*Assembly, Integration and Test.

**Launch and Early Orbit Phase.

En el período 1996-2000, los ingenieros locales generaron el 18% de los informes y documentos técnicos que poseía Nahuelsat S.A., mientras el 82% restante fue producido por empresas extranjeras (Decreto PEN n.º 626/07. Anexo I). El 54% de los documentos producidos por Nahuelsat S.A. estaba constituido por manuales de operaciones, libros de satélite, libros diarios, entre otros. Un 34% eran informes sobre los cambios de configuración registrados en la carga útil del Nahuel 1A; un 10% eran informes de pruebas, de reposicionamiento y reacondicionamiento del satélite y el 2% restante eran documentos sobre la fase LEOP (serie de maniobras realizadas para la ubicación del satélite en una órbita a casi 36.000 km de distancia del Ecuador terrestre) y sobre AIT, que comprende el montaje, integración y testeado del segmento terreno. Del Cuadro n.º 1 se puede afirmar que los ingenieros argentinos, en un período de tiempo relativamente corto, desarrollaron conocimientos específicos y situados de la plataforma y operación del satélite Nahuel 1A. Tales conocimientos fueron claves para la resolución de algunos problemas operativos y la especificación de nuevas plataformas satelitales. A diferencia, la participación reducida en otras tareas conllevó que dichas fases de la cadena de valor permaneciesen dominadas por instituciones extranjeras, en su mayoría de origen europeo.

Además, Nahuelsat S.A. desarrolló varios procedimientos de maniobras, documentos sobre los que se asentó y consolidó la experticia práctica de los ingenieros locales.

Gráfico n.º 1: Procedimientos satelitales de Nahuelsat S.A. (1997-2001)



Fuente: elaboración propia a partir de Decreto PEN n.º 626/07, Anexo I.

En el período 1997-2001 se registraron ochenta y tres procedimientos de maniobras, siendo cincuenta de contingencia, veintinueve de operación nominal y

solo cuatro de contingencia y mantenimiento de la Estación. Como puede observarse en el Gráfico n.º 1, la producción de procedimientos presentó variaciones en el tiempo, así como de la mano de obra encargada de su emisión (Cuadro n.º 2).

En 1997, se registró el 40% del total de procedimientos generados en el período 1997-2001 con treinta y cuatro procedimientos de maniobras, de los cuales treinta eran de contingencia y cuatro de operación nominal. Ello se debió principalmente a que el fabricante, en función del diseño del artefacto, diseñó el modo de uso del satélite, el árbol de problemas específicos y los comandos a ejecutar en caso de que ello ocurriera (A., EP, 2019; N., EP, 2019; R., EP, 2019).

Cuadro n.º 2: Producción de procedimientos por mano de obra local y extranjera

Año	Extranjeros (%)	Locales (%)
1997	91	9
1998	47	53
1999	58	42
2000	100	0
2001	78	22
Total	75	25

Fuente: elaboración propia a partir de Decreto PEN n.º 626/07. Anexo I

De los procedimientos generados en 1997, el 91% fueron desarrollados por ingenieros franceses radicados en Benavidez como soporte del equipo local. Ellos, en representación del fabricante de la plataforma, fueron los responsables de la adecuación de los procedimientos de maniobras a las condiciones de Nahuelsat S.A. y del Nahuel 1A. La participación local en la escritura de procedimientos derivó de los procesos de entrenamiento y capacitación.

Estos procedimientos iniciales se complementaron con la escritura de nuevos procedimientos nominales en los años subsiguientes debido al *know-how* que adquirieron los ingenieros locales y extranjeros (petenecientes a Aerospa-tiale) a partir de la operación del satélite Nahuel 1A. La herencia de vuelo de la plataforma satelital Spacebus 2000 y el amplio análisis del árbol de fallas identificado por el fabricante previo al lanzamiento explican la reducción de procedimientos de contingencia identificados en los años subsiguientes.

Los ingenieros de Alenia Spazio, responsables de la construcción de la estación terrena, realizaron un exhaustivo trabajo de previsión materializado en un manual, en el cual contemplaron diversas situaciones de contingencia y mantenimiento de los equipos. Muchas de las situaciones previstas en dicho

manual no llegaron a ejecutarse puesto que no se registraron tales fallas. En el año 1998 se registró la producción de cuatro procedimientos de contingencia y mantenimiento, los cuales fueron desarrollados en su totalidad por mano de obra local como complemento de dicho manual. La ausencia de nuevos procedimientos de este tipo se debió a que los conocimientos codificados contemplaron las situaciones previstas e imprevistas (R., EP, 2019).

La producción de procedimientos de maniobras estaba atravesada por lógicas de poder, puesto que las empresas europeas en tanto fabricantes eran responsables y decidían en última instancia los comandos a ejecutar. Sin embargo, el proceso de producción de estos conocimientos codificados era situado, es decir, contemplaba el formato organizacional de Nahuelsat S.A., la pericia de los ingenieros y técnicos locales y la división de trabajo existente. En suma, constituía un proceso de adecuación de la tecnología importada a las condiciones locales. Por ello, si bien en el período 1997-2001 la elaboración de estos documentos estuvo dominada por ingenieros de las empresas accionistas, un análisis detallado por año permite observar el crecimiento de la participación local superando incluso la participación extranjera.

El desarrollo de los procedimientos posibilitó al personal de Nahuelsat S.A.: 1. conocer detalles operativos del satélite Nahuel 1A; 2. generar interacciones entre las dos áreas de ingeniería de la empresa: satelital y terrena, 3. reflexionar en torno a la tecnología adquirida por Nahuelsat S.A. y 4. construir y codificar comandos para ser ejecutados por el Área de Operaciones de la empresa.

En el año 2000 se registró una merma en la producción de procedimientos (Gráfico n.º 1) y el relego de la mano de obra local (Cuadro n.º 2). «Entonces, como la responsabilidad era de los ingenieros franceses se les pidió que reescribieran procedimientos. A partir de una contingencia generada en el 99 se tuvieron que generar correcciones a los procedimientos originales generados por el fabricante» (R., EP, 2019). Un año antes se había registrado una falla en uno de los procedimientos originales, lo cual afectó el envío de ciertos comandos al satélite. Ante dicha contingencia, el grupo de ingenieros de Nahuelsat S.A. solicitó a Aerospatiale la revisión de todos los procedimientos originales. Dado que, contractualmente, la responsabilidad de producción de procedimientos era del fabricante, los ingenieros de Nahuelsat S.A. vieron reducida su participación en la elaboración de los mismos.

A partir del año 2001, los ingenieros locales no solo generaron nuevos procedimientos operativos, sino que ante el deterioro del subsistema de propulsión del satélite Nahuel 1A desarrollaron múltiples procedimientos de operación manual (N., EP, 2019; R., EP, 2019).

3.2. La resolución de problemas como base de nuevos conocimientos

En la primera mitad del 2001, el Nahuel 1A presentó la primera falla en su subsistema de propulsión, la cual atentaba contra el control del satélite en órbita y el período restante de vida útil. Este subsistema estaba conformado por un motor de 400N de empuje y dos conjuntos redundantes ¹¹ de propulsores con una fuerza de 10N, utilizados en las maniobras de ubicación y mantenimiento de posición del satélite durante su vida útil. Si bien los satélites de comunicaciones se encuentran en una posición estacionaria, estos se ven sometidos a múltiples desviaciones producidos por el campo gravitatorio terrestre, la atracción del Sol y la Luna y las presiones generadas por la radiación solar (Elbert, 2008).

Habían aparecido fallas en otro satélite, que nos habían notificado, pero en el nuestro no. El modelo que teníamos en el Nahuel 1 no fue el único que tuvo problemas con los propulsores. De hecho, casi todos los satélites que tenían esos propulsores tuvieron problemas, fallaban. (N., EP, 2019)

Un año antes, Aerospatiale notificó a las empresas operadoras, entre ellas Nahuelsat S.A., acerca de la identificación de una anomalía en el funcionamiento de los propulsores de uno de los satélites bajo su responsabilidad.

Pasó antes en otro satélite. Por eso nos dijeron: «Te recomiendo que cambies a usar los motores así, porque de esta manera no va a pasar». Lo aplicamos e igualmente pasó, porque cuando lo usás se calienta. Hay ciertas cosas que no podés evitar. (A., EP, 2019)

Como acción preventiva, los expertos de la empresa francesa habían recomendado a las firmas clientes operar los satélites mediante el control de dos parámetros: la temperatura máxima y la cantidad de pulsos ejecutados con los propulsores (Boado, Aurelio y Nahuys, 2012). Si bien el personal del área de operaciones de Nahuelsat S.A. siguió dichos lineamientos, a inicios del siglo XXI se produjo la primera falla en uno de los propulsores del Nahuel 1A. Dado que el satélite tenía un sistema de propulsión redundante, ante la identificación de la primera falla en uno de los propulsores del set de uso para las maniobras nominales, el personal de Nahuelsat S.A., bajo aprobación de Aerospatiale, decidió utilizar el set alternativo (Boado, Aurelio y Nahuys, 2012).

Si bien el fabricante aprobó el funcionamiento del set alternativo, este trabajó a temperaturas superiores a las esperadas. Tres años más tarde de la identificación de la primera falla, el Nahuel 1A sufrió el daño de uno de los propulsores del set redundante. Astrium(antes DASA), la empresa fabri-

cante del subsistema de propulsión, explicó el rápido aumento de los pulsos registrados debido a un bloqueo parcial en los propulsores, generado por una partícula atrapada en la válvula de sellado. Ante esto, el equipo de operaciones de Nahuelsat S.A. realizó distintas pruebas manuales a uno de los propulsores dañados para encontrar la causa del problema (Boado, Aurelio y Nahuys, 2012).

Para que ese consumo [de combustible] esté calibrado, los orificios deben estar calibrados. Esos orificios tienen unos *o-rings*. Le pusieron un material que no iba. Eso está siempre prendiendo y apagando. Entonces eso se calentó y se resquebrajó. Una partícula milimétrica podía hacer varias cosas, podías perder hacia afuera porque el sello estaba roto, o te podía tapar los inyectores. Ese fue la causa raíz. (A., EP, 2019)

El equipo de operaciones de Nahuelsat S.A. analizó el comportamiento del set de propulsores redundantes del Nahuel 1A (N., EP, 2019). A partir de ello, los ingenieros argentinos adquirieron conocimientos, que se complementaron con los generados a partir del análisis de comportamiento de otros satélites con el mismo subsistema de propulsión (Boado, Aurelio y Nahuys, 2012). Los aprendizajes prácticos, el análisis de los datos acumulados y la interacción con los ingenieros de Astrium resultaron relevantes para aumentar los conocimientos referidos al funcionamiento del subsistema de propulsión en condiciones de degradación de los inyectores.

«Nosotros pudimos, después de analizar bastante el problema, desarrollar una forma de usar igual el satélite con todos los propulsores degradados» (N., EP, 2019). La acumulación de conocimientos, cada vez de mayor detalle, permitieron a los ingenieros del área de operaciones de Nahuelsat S.A. mantener operativo el satélite Nahuel 1A, aun con varios propulsores degradados.

El sistema de propulsión lo había diseñado Astrium. Teníamos acceso a todos los diseñadores y fabricantes del sistema de propulsión. Después la computadora principal del Nahuel 1 la hizo la misma empresa, por lo que nos abrieron las puertas con los detalles técnicos y los programas de la computadora. Con esa información acá en Argentina pudimos encontrar una forma de operación para hacerlo manualmente. Teníamos que desactivar la computadora, y el control lo hacíamos a mano. Unos cuatro propulsores habíamos perdido, ya el satélite estaba difícil de manejar. La computadora de abordaje no tenía la capacidad de controlar. Eso fue en el año 2007. (N., EP, 2019)

Dado que el fabricante del subsistema de propulsión era accionista de Nahuelsat S.A., el equipo técnico de la firma argentina tuvo una estrecha interacción con los expertos alemanes, los cuales les proporcionaron acceso a los programas que controlaban la computadora de abordo del satélite y a mínimos detalles técnicos. Esta apertura, si bien limitada al problema en cuestión, favoreció una gran acumulación de conocimientos en el equipo de operaciones de Nahuelsat S.A. A partir de los aprendizajes adquiridos, los ingenieros argentinos, en el marco de la transición existente entre Nahuelsat S.A. y ARSAT S.A. (2007), desarrollaron como estrategia de control del satélite Nahuel 1A la operación manual, debido a que la computadora de abordo no permitía operar con propulsores tan degradados.

En el aprendizaje de los problemas de propulsión, hubo una integración con el fabricante. Toda la cuestión operativa de cómo mantener el satélite vivo fue un desarrollo local. Se generaba un procedimiento y se lo mandaban a los franceses para que lo validaran. Los procesos no estaban dados para que se hicieran procedimientos sin la aprobación del fabricante. (R., EP, 2019)

La operación manual del Nahuel 1A implicó el desarrollo de múltiples procedimientos nominales y de contingencia. Si bien estos constituyeron un desarrollo local, debieron contar con la aprobación de Astrium y Aerospatiale, quienes, en última instancia, eran los responsables del subsistema de propulsión y del satélite respectivamente. Dada la imposibilidad de mantenimiento de los artefactos en el espacio, el alto costo de los equipos en órbita y el riesgo existente en cada una de las misiones, los profesionales de este sector industrial debían ejecutar todas las maniobras tras la recepción de las certificaciones correspondientes.

En diciembre de 2007, el Nahuel 1A, ya bajo responsabilidad de ARSAT S.A. (Decreto PEN n.º 626/07), continuó operativo. Dado el aumento en el deterioro de los propulsores, el satélite permaneció en órbita inclinada, es decir que el equipo de operaciones no efectuó las maniobras de corrección Norte y Sur (N., EP, 2019). Si bien el satélite mantuvo una *performance* limitada por estos y otros problemas, el artefacto prestó servicios hasta 2010, cuando los funcionarios de la firma responsable decidieron relocalizar el mismo en la posición 81° O, para su posterior desorbitación. El traslado del satélite implicó la realización de numerosas maniobras, no solo con un subsistema de propulsión degradado sino con una cantidad escasa de combustible (Boado, Aurelio y Nahuys, 2012).

Las fallas que tuvimos en el Nahuel 1 fueron muy importantes porque para resolverlas tuvimos que aprender cuestiones tanto teóricas como prácticas del satélite, como de los subsistemas. Esa información nos la dieron los fabricantes. Toda esa información sirvió en el diseño del ARSAT. (N., EP, 2019)

La resolución de los problemas técnicos del Nahuel 1A favoreció la adquisición de aprendizajes formales y habilidades prácticas entre los ingenieros y técnicos de Nahuelsat S.A. que resultaron relevantes durante el proceso de diseño y construcción de satélites en Argentina. El equipo de operaciones de Nahuelsat S.A. desarrolló conocimientos mediante la realización de pruebas y el análisis de distintas variables, principalmente los efectos generados sobre los propulsores a partir de la variación de la temperatura. También desarrolló múltiples procedimientos de control manual del satélite en un escenario con propulsores degradados, algo no contemplado en los procedimientos de contingencia elaborados por los fabricantes. A partir de la experticia adquirida, los ingenieros locales y extranjeros en general definieron en los proyectos posteriores que era necesario desde el diseño considerar procedimientos y maniobras de control para la operación de un satélite con un grado avanzado de deterioro.

La construcción de capacidades a partir de la resolución de problemas implicó usar de manera rutinaria y creativa los conocimientos disponibles, así como su ampliación sistemática. El equipo de ingenieros de Nahuelsat S.A. contaba con ciertas capacidades de absorción generadas a partir de la articulación entre los conocimientos teóricos y prácticos acumulados. Dichas capacidades les permitió aprovechar la información que circulaba entre las empresas fabricantes y otros operadores de satélites en torno al problema, poner en práctica procedimientos alternativos y realizar un seguimiento exhaustivo de las variaciones registradas, así como modificar las interacciones establecidas con los fabricantes. La falta de soluciones existentes ante el problema técnico, la potencial pérdida de los artefactos afectados, las condiciones regresivas de Nahuelsat S.A. en el mercado argentino (Hurtado de Mendoza y Loizou, 2018), los potenciales problemas político-económicos y jurídicos derivados de la no ocupación de la segunda posición orbital asignada (Decreto PEN n.º 1321/92; Res. SC 2.593/98) y la atención pormenorizada de los ingenieros argentinos al Nahuel 1A, único satélite operativo en la empresa (R., EP, 2019), posibilitaron que las interacciones entre los ingenieros locales y extranjeros pertenecientes a las firmas accionistas se tornaran menos asimétricas.

Las interacciones establecidas con Aerospaziale y Astrium permitieron que los ingenieros locales ampliaran los conocimientos teóricos y de funcionamiento del satélite y de los subsistemas. Estos se articularon con nuevos

conocimientos generados mediante la práctica local –ensayos, análisis de variables, ejecución de nuevos comandos, entre otros–, la cual comprendió el uso creativo de los saberes acumulados. Estos procesos no solo alteraron las lógicas que dominaban las dinámicas socio-cognoscitivas, sino que flexibilizaron ciertos límites en cuanto a tecnología estabilizada se refiere, siendo estas variaciones capitalizadas localmente con la absorción de nuevas habilidades, entre las cuales se destacó la capacidad de establecer requerimientos técnicos de diseño generales, y de los subsistemas particulares.

4. Acumulación de capacidades tecnológicas en un escenario tecno-productivo regresivo y semiperiférico

Durante el modelo de acumulación de industrialización por sustitución de importaciones, el Estado nacional adoptó un rol activo en el fomento y promoción de las capacidades científico-tecnológicas en el país, mediante la creación de instituciones, la asignación de recursos, el desarrollo de empresas estatales en sectores estratégicos, etc. Las firmas públicas con el objetivo de promover la iniciativa privada (Picabea y Thomas, 2015) se caracterizaron por desarrollar innovaciones incrementales. Es decir, en Argentina los múltiples problemas y soluciones en el proceso de diseño, producción y uso de las tecnologías produjeron cierta acumulación de capacidades y saberes.

En el marco de las reformas del Estado, la reestructuración productiva y el ajuste fiscal de la década de 1990, llevaron a que la inversión en I+D quedara relegada exclusivamente al sector privado. El desplazamiento del Estado en el rol de asignador de los recursos en favor del mercado, la radicación de empresas transnacionales en el país, la consiguiente concentración de la inversión en I+D en sus casas matrices y la reducida inversión de las firmas privadas locales en relación con sus pares internacionales afectaron de manera regresiva la acumulación de capacidades científico-tecnológicas en Argentina. El presente estudio permite recuperar la experiencia de un actor privado que inició la operación de satélites geoestacionarios en un período signado por la desarticulación de la política económica, la política industrial y la política tecnológica, lo cual derivó en un proceso de desindustrialización (Azpiazu y Schorr, 2010) y la consecuente pérdida de capacidades o proceso de desaprendizajes (Arocena y Sutz, 2006).

A lo largo de la trayectoria de Nahuelsat S.A. se pueden visualizar tres niveles de acumulación de capacidades: 1. el dominio de los saberes necesarios para operar sistemas tecnológicos complejos; 2. el dominio de saberes sobre los distintos subsistemas que conformaban el sistema satelital Nahuel, en par-

ricular el subsistema de propulsión; y 3. la generación de soluciones técnicas creativas ante el surgimiento de problemas.

Desde el momento de su creación, los ingenieros locales adquirieron una creciente capacidad en la operación de sistemas complejos, mediante dinámicas de aprendizaje formales que implicaron procesos de internalización o interiorización de la información desarrollada en el exterior. Tales conocimientos se basaron en los saberes ingenieriles desarrollados en el sistema universitario público. El acercamiento a literatura especializada se constituyó en un elemento clave tanto para la actualización disciplinar como para la búsqueda de soluciones tecnológicas, adecuadas al sistema satelital que importaba Nahuelsat S.A. Puesto que los procesos de aprendizaje comprendidos en este estudio no pueden reducirse a la noción de transferencia tecnológica, es necesario destacar los procesos por los cuales el personal formativo de Aerospaziale y Alenia Spazio desarrollaron conceptualizaciones mediante la conversión de sus conocimientos tácitos en explícitos, ampliando así su propio cúmulo de conocimientos y el de los ingenieros argentinos.

Las dinámicas de aprendizaje también comprendieron el desarrollo de modelos mentales, habilidades técnicas, formas de trabajo, entre otra *expertise* carente de codificación. Estos conocimientos surgieron como expresiones de la socialización de conocimientos tácitos propios y ajenos. La acumulación de este tipo de conocimientos no se redujo a aquellas habilidades surgidas mediante la interacción –observación, imitación, trabajo en equipo, asesoría técnica, entre otras– con personal de ingeniería de las firmas extranjeras. La experimentación empírica, la participación en el armado de los equipamientos y su uso favorecieron espirales virtuosas en la acumulación de nuevos saberes, más allá de ciertas limitaciones comerciales y geopolíticas existentes.

La dinámica acumulativa se manifestó también en la profundidad de los conocimientos adquiridos respecto de los subsistemas, en particular respecto al subsistema de propulsión. La alteración en la interacción con el personal de Astrium, la operación de un satélite con propulsores dañados, favoreció la existencia de nuevos conocimientos tácitos en Nahuelsat S.A. La circulación de dicho tipo de conocimiento entre las distintas áreas de la empresa permitieron en primer lugar la discusión de soluciones tecnológicas adecuadas socio-técnicamente, la creación conceptual mediante la conversión de tales ideas en conocimientos codificables –nuevos procedimientos de maniobras de contingencia–, la justificación de dichos conceptos mediante referencias cruzadas, la creación de nuevas formas de proceder ante las demandas de la tecnología en funcionamiento, y finalmente la expansión inter e intrafirma de los conocimientos generados.

La espiral virtuosa de conocimientos implicó variaciones en Nahuelsat S.A., una empresa hiperespecializada, con una dotación de personal calificado en términos disciplinares, al igual que la mayoría de las firmas dedicadas al rubro aeroespacial. La acumulación de capacidades entre las áreas de ingeniería y los controladores rebasó los límites propios de la operación de satélites geoestacionarios, lo cual permitió al personal trascender hacia otras actividades vinculadas, tales como la evaluación de propuestas técnicas realizadas por las principales corporaciones del sector y la especificación de requerimientos para nuevas misiones satelitales. El dominio local sobre nuevas dimensiones de la tecnología satelital geoestacionaria, mediante la apropiación de nuevos conocimientos, redefinió parcialmente la configuración de un sector de la economía global altamente concentrado y reservado para los países centrales.

5. Consideraciones finales

A partir del análisis de las dimensiones seleccionadas resulta posible responder a las preguntas iniciales: ¿Cuáles fueron las estrategias institucionales implementadas para la ocupación y explotación de las posiciones orbitales y bandas de frecuencia asociadas? ¿Cómo se utilizaron las capacidades de I+D existentes? ¿Cómo y quiénes generaron y aplicaron los conocimientos producidos localmente?

En la trayectoria de Nahuelsat S.A. se combinó de manera sinérgica la capacidad de absorción y adecuación de tecnologías importadas «llave en mano» con un régimen de producción de conocimientos basado en la articulación entre saberes teóricos-explícitos y saberes prácticos-tácitos. De manera sintética se pueden considerar tres aspectos complementarios en el desarrollo de capacidades de la firma: el aprovechamiento de saberes locales, la formación continua y la ampliación sistemática de dichos saberes y la utilización creativa de los mismos ante situaciones problemáticas. Un rasgo predominante en la década de 1990 fue la escasez de profesionales formados en el sector de las telecomunicaciones dado el origen incipiente del mismo en la economía argentina. Sin embargo, sí existían profesionales con sólidos conocimientos en ingeniería formados en reconocidas universidades públicas del país. Dicha formación constituyó la base sobre la que se asentó la política de capacitación de recursos humanos de Nahuelsat S.A.

La utilización creativa de los conocimientos acumulados para encarar la resolución de problemas posibilitó desafiar, en algún sentido, la rigidez de esta industria, caracterizada por la existencia de múltiples protocolos y la ejecución de solo aquellas acciones que contaban con aprobación de los responsables.

Para la resolución de los problemas se consideraron múltiples soluciones, resultando aquella considerada como la opción más adecuada. En la construcción de esta solución se articularon los conocimientos de los fabricantes, las capacidades propias y la tecnología disponible.

El análisis de las dinámicas socio-cognoscitivas permite vincular dimensiones intrafirma con lógicas de competencia y dominación, lógicas cooperativas, políticas de mercado, entre otras.

El estudio de caso bajo análisis no se reduce a un proceso virtuoso de acumulación de conocimientos al interior de una firma. El análisis de las dinámicas socio-cognoscitivas a partir del caso de Nahuelsat S.A. permite explicar cómo se produjeron, organizaron y circularon conocimientos adecuados socio-técnicamente a las situaciones por la que atravesó la firma, tanto en un escenario político-económico nacional caracterizado por un proceso de desindustrialización y una política regresiva en cuanto a la promoción de la ciencia y la tecnología como a las condiciones globales de inserción semiperiférica del país. Además, permite explicar cómo se establecieron las condiciones históricas para que una empresa argentina de capital público –ARSAT S.A.– avance en el dominio de otros eslabones de la cadena de valor satelital. Hasta entonces, las fases de diseño y producción estaban controladas exclusivamente por actores estabilizados en el escenario internacional.

A partir del análisis realizado se puede concluir que, en un país semiperiférico y en un escenario político-económico contrario al desarrollo de capacidades tecnológicas, es posible encontrar dinámicas virtuosas de generación de saberes en sectores estratégicos, los cuales posteriormente se constituyeron en umbrales para la promoción de nuevos sectores tecno-productivos. Además, se puede afirmar que el dominio de estos nuevos conocimientos, más allá de las funciones propiamente operativas, configuró un primer desafío a las reglas del orden establecido en un sector de la economía generalmente reservado a los países centrales.

5.1. Operacionalizar satélites geoestacionarios... discutir la noción de transferencia de tecnologías

La experiencia de operacionalizar satélites geoestacionarios en Argentina no puede ser analizada mediante argumentos contruidos en términos de transferencia y adaptación de tecnologías importadas al escenario local, puesto que estas nociones construyen una explicación lineal, unidireccional, con la consiguiente reducción de las operaciones tecnológicas locales a intervenciones menores y de bajo contenido innovador, en comparación con la existente en los países centrales. En oposición a ello, este estudio plantea que las dinámi-

cas socio-cognoscitivas, es decir, los procesos de generación de capacidades tecnológicas son dinámicos y sinérgicos, en los cuales el conocimiento codificado y tácito está en permanente circulación. Ello permite complejizar las explicaciones sobre la generación y apropiación de conocimientos y poner en valor los desarrollos locales.

Las dinámicas socio-cognoscitivas tienen lugar en un espacio configurado por relaciones simétricas y relaciones de poder y dominación, estructuradas a lo largo del tiempo. La existencia de intereses comerciales, económicos, políticos, académicos, industriales y geopolíticos detrás de las relaciones que atraviesan las dinámicas socio-cognoscitivas permite problematizar nociones propias de la economía del cambio tecnológico, tales como «aprendizaje por interacción», puesto que tales prácticas interactivas no permanecen ajenas a dichos intereses. En función de ello, si bien la interacción con otros actores sociales es fundamental en los procesos de aprendizaje, es necesario tener presentes que dichas interacciones no son neutrales y abiertas. Las interacciones personales e institucionales posibilitan y condicionan los conocimientos y saberes puestos en circulación. Las tecnologías conocimiento-intensivas en general, y las tecnologías duales como los satélites artificiales en particular, constituyen elementos fuertemente regulados en el orden global. Por ello, solo unos pocos países, en función de sus capacidades técnicas, económicas, políticas, geopolíticas y geoeconómicas ejercen dominio sobre dichas tecnologías y los conocimientos asociados.

En función de lo expresado anteriormente, la investigación permite afirmar que las trayectorias institucionales *per se* resultan insuficientes para explicar la dirección del cambio tecnológico, puesto que existen otros elementos, tales como las políticas públicas nacionales, las regulaciones internacionales, los contratos y sanciones comerciales, la posición hegemónica en el mercado, entre otros elementos que pueden acelerarlo, estacionarlo o incluso, interrumpirlo.

5.2. Políticas públicas, producción de conocimientos y generación de capacidades tecno-productivas

La investigación de base empírica de un caso como el que lideró Nahuelsat S.A. permite identificar la existencia de amplias capacidades ingenieriles y técnicas a nivel local para operar tecnologías conocimiento-intensivas en un área estratégica de la economía. Si bien durante la década de 1990 el bloque en el poder estuvo controlado por una fracción que promovía la primacía del mercado y del sector privado ante un Estado retraído, la empresa encargada de valorizar los activos estatales en el espacio exterior se asentó, en parte, en las capacidades que el mismo Estado había fomentado antaño en las universidades y escuelas técnicas nacionales. Ello permite afirmar la importancia

del Estado en tanto generador de capacidades, promotor y/o conductor de procesos de innovación y del desarrollo tecno-productivo local, en especial en países semiperiféricos y dependientes.

Finalmente, el caso de estudio se constituye en un insumo para indagar en distintos aspectos de los procesos de diseño y formulación de políticas públicas, en especial al visibilizar las tensiones presentes tanto entre las esferas público y privada como entre las dimensiones nacional e internacional que atraviesan dichos procesos. De acuerdo a esto último, es posible trazar nuevas preguntas con el objetivo de profundizar el análisis: ¿Cómo se articuló la política económica de liberación de los mercados y privatización de los recursos con la política de comunicaciones que demandaba la puesta en funcionamiento de un sistema satelital nacional para cubrir la demanda comunicacional insatisfecha? ¿Cómo se articulan los intereses públicos y privados, nacionales e internacionales en los procesos de producción de conocimientos y generación de capacidades en sectores tecnológicos históricamente dominados por los países centrales? Y ¿cuál es la incidencia que tienen las entidades internacionales públicas y/o privadas en el diseño y elaboración de las políticas públicas sectoriales?

Notas

1. En 2006, el Estado argentino, tras la asunción de un nuevo gobierno, visibilizó la potencial pérdida de recursos estratégicos a partir de la no-ocupación de las posiciones orbitales. En dicho escenario y con un sustrato ideológico alejado de los principios liberales, el Poder Ejecutivo Nacional y la Secretaría de Comunicaciones decidieron diseñar y fabricar un Sistema Satelital en empresas argentinas. Dada la situación crítica de Nahuelsat S.A. debido a problemas financieros, comerciales, técnicos y políticos, así como el interés de los accionistas en disolver la empresa, el secretario de Comunicaciones decidió crear una empresa de capitales públicos, ARSAT S.A., para su reemplazo (Cáceres, 2021).
2. Durante la primera mitad de la década de 1990, las comunicaciones satelitales habían dependido principalmente de INTELSAT, un consorcio internacional que proveía un servicio público a sus países miembros.
3. Durante el proceso de adjudicación, las empresas telefónicas en Argentina dieron cuenta de su oposición a la implementación del sistema satelital argentino (Schober, 1996). Las presiones de estas compañías, en especial de algunos de sus accionistas franceses, llevaron a que Alcatel, empresa proveedora mundial de compañías telefónicas, se retirase de la UTE y del emprendimiento satelital en Argentina. El retiro de Alcatel, la gestión de funcionarios con ideas nacionalistas y razones presupuestarias motivaron la desvinculación de Embratel del joint venture (Schober, 1996).
4. El vacío legal en Argentina respecto a derechos espaciales y satelitales conllevó una

- disputa entre la firma privada y la provincia de Buenos Aires, dado que mientras la provincia reclamaba el pago de una tasa impositiva por las instalaciones en Benavidez, la empresa objetaba que sus activos y objeto de explotación estaban a 35.786,55 km de la Tierra, y por ende no estaban sujetos a tasas impositivas (Cámara de Senadores de la Nación, 2005).
5. Un consorcio formado por siete empresas argentinas: La Nación, Loma Negra, Banco UNB, Banco Extrader, Ormas S.A., Tevycom Fapeco S.A. y Darcemar S.A.; y una empresa canadiense dedicada a la operación de satelital: Telesat Canadá.
 6. Tecnología capaz de impulsar un objeto en el espacio a partir de la tercera ley de Newton (acción y reacción).
 7. En 1998, Argentina obtuvo derechos de coordinación sobre la posición 81° O debido a un acuerdo establecido con EE. UU. mediante el cual se otorgaban derechos de pisada a satélites norteamericanos sobre suelo argentino y viceversa. Esta posición era estratégica en términos comerciales por la potencialidad de explotación de las ondas electromagnéticas en Norteamérica.
 8. La ESA es la Agencia Espacial Europea, la cual operaba satélites de telecomunicaciones en conjunto con Eutelsat, una empresa con sede en París, Francia, con cobertura a nivel global.
 9. Empresa del Estado de telecomunicaciones establecida en 1990 en Ankara, Turquía.
 10. Importante operador de satélites de telecomunicaciones radicado en EE. UU. en 1975. En 1986 fue comprada por General Electric, y hacia el 2001 por SES.
 11. Los sistemas redundantes en ingeniería satelital son aquellos componentes o subsistemas de carácter crítico que requiere aseguramiento ante posibles fallas que puedan surgir por su uso continuado en un escenario de condiciones extremas.

Referencias bibliográficas

- AROCENA, R. y Sutz, J. (2006). El estudio de la innovación desde el Sur y las perspectivas de un nuevo desarrollo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, (7). Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3112223&orden=232110&info=link>
- ARRIGHI, G. (1990). The developmentalist illusion: a reconceptualization of semiperiphery. En W. G. Martin, *Semiperipheral states in the world economy*. Westport Westport:Greenwood Press, 11-42.
- ARROW, K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173.
- AZPIAZU, D. y Schorr, M. (2010). *Hecho en Argentina. Industria y economía, 1976-2007*. Buenos Aires: Siglo XXI editores.
- BASUALDO, E. (2013). *Estudios de historia económica argentina. Desde mediados del siglo XX a la actualidad*. Buenos Aires: Siglo XXI editores.
- BLINDER, D. (2015). El origen del misil Cóndor II (1976-1983), dictadura, guerra y disuasión. *Saber y Tiempo*, 1 (6), 60-84.

- BLINDER, D. y Hurtado de Mendoza, D. (2019). Satélites, territorio y cultura: ARSAT y la geopolítica popular. *Revista Transporte y Territorio*, (21), 6-27. Disponible en <http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/7147/6395>
- CÁCERES, Y. (2021). *Producción de conocimientos y desarrollo de capacidades en Argentina para el dominio de la órbita geoestacionaria. Análisis del caso de Nahuelsat S.A. - ARSAT S.A. (1991-2015)*. Tesis de maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Bernal, UNQ.
- COHEN, W. y Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: The two faces of I+D. *The Economic Journal*, 99 (397), 569-596.
- DOMÍNGUEZ, N. (1991). *Satélites. Más allá de la tecnología y de la guerra*, vol. II. Buenos Aires: Instituto de Publicaciones Navales del Centro Naval.
- DOMÍNGUEZ, N. (2013). El gran salto del tigre. *Boletín del Centro Naval*, (835), 37-47. Disponible en www.centronaval.org.ar/boletín/BCN835/835-DOMINGUEZ.pdf
- ELBERT, B. (2008). *Introduction to Satellite Communication*. Norwood: Artech House Inc.
- GUTTI, P. (2008). Características del proceso de absorción tecnológica de las empresas con baja inversión en I+D: un análisis de la industria manufacturera argentina. Tesis de maestría, Universidad Nacional de General Sarmiento.
- HURTADO DE MENDOZA, D., y Loizou, N. (2018). Desregulación de sectores estratégicos en contexto semiperiférico: las comunicaciones satelitales en Argentina, 1991-2006. *América Latina Historia Económica*, 26 (1), 168-191. Disponible en <http://alhe.mora.edu.mx/index.php/ALHE/article/view/e939>
- KATZ, J. (1978). Cambio tecnológico, desarrollo económico y las relaciones intra y extra regionales de la América Latina. *Monografía de trabajo n.º 30*. Programa BID-CEPAL sobre Investigación en Temas de Ciencia y Tecnología.
- KIM, L., (2001). La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (168), 153-169. Disponible en www.oei.es/historico/salactsi/limsu.pdf
- LALOUF, A. (2005). *Construcción y deconstrucción de un «caza nacional». Análisis socio-técnico del diseño y producción de los aviones Pulqui I y II (Argentina 1946-1960)*. Tesis de maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Bernal, UNQ.
- LUNDEVALL, B. (1985). *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg, Aalborg University Press.
- LÓPEZ, A.; Pascuini, P. y Ramos, A. (2019). Economía del espacio y desarrollo: el caso argentino. *Revista CTS*, 40 (14), 111-133. Disponible en <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/96/90>
- NONAKA, I. y Takeuchi, H. (1995). *La organización creadora del conocimiento*. Oxford: Oxford University Press.
- O'BRIEN, M. (2016). Política exterior argentina y desarrollo satelital: el proceso de toma de decisiones desde ARSAT S.A. hasta el Plan Satelital Geoestacionario Argentino. Tesina de grado, UNR. Disponible en <https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16297/Mar%C3%ADa%20Bel%C3%A9n%20O%27%20Brien%20-%20tesina%20de%20grado%20-%2025.10.17.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- PICABEA, F. y Thomas, H. (2015). *Autonomía tecnológica y Desarrollo Nacional. Historia del diseño y producción del Rastrojero y la moto Puma*. Buenos Aires: Cara o Ceca.
- REY SUMAY, G. (2021). La soberanía espacial argentina: desafíos y oportunidades para América Latina. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, Issue 2. Disponible en <https://revistalatam.digital/article/210212/?pdf=2695>
- ROSENBERG, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- SEBASTIÁN, J. (2007). Conocimiento, cooperación y desarrollo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 3(8), 195-208. Disponible en www.revistacts.net/contenido/numero-8/conocimiento-cooperacion-y-desarrollo/
- VERSINO, M. (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)*. Tesis de doctorado en Política Científica, Sao Paulo, UNICAMP.
- VALLES, M. (1999). Técnicas de conversación, narración (I): las entrevistas en profundidad. *Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional*. Madrid: Editorial Síntesis.
- WALLERSTEIN, I. (1979). *El moderno sistema mundial*. Tomo I. México: Siglo XXI editores.
- Fuentes documentales**
- A., J. (23 de junio de 2019). Entrevista personal al ingeniero jefe de Operaciones de ARSAT S.A.
- BOADO, G.; Aurelio, J., y Nahuys, H. (2012). *Flying a Crippled Satellite*. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*. Disponible en <https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2012-1293306>
- BREUL, S.; Kiehling, R., y Niehaus, F. (2012). *LEOP Operations for a New GEO Satellite Platform*. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*. Disponible en <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2012-1293348>
- DECRETO PEN n.º 1.185/90; 549/91; 995/91; 2.061/91; 466/92; 153/93; 1.321/93; 2.501/93; 626/07. Res. SC 2.593/98. INFOLEG. Ministerio de Economía de la Nación.
- D., N. (15 de abril de 2019). Entrevista personal al capitán e ingeniero electrónico de la Armada. Buenos Aires.
- G., R. (27 de agosto de 2019). Entrevista personal al ingeniero asesor de la Secretaría de Comunicaciones. Buenos Aires.
- MAZZARO, N. (1993). Nahuel I y II. Historia breve e incompleta de una cruzada. *Revista Comunicación*. Archivo personal del ing. Ricardo Goytea.
- NAHUELSAT S.A. (1993). Estatuto de Nahuelsat S.A.IGJ.
- NAHUELSAT S.A. *Memoria y Balance de Nahuelsat S.A.1993-2009*.IGJ.
- NAHUELSAT S.A. (2001). Nahuelsat NEWS, 4(1).
- N., H. (23 de febrero de 2019). Entrevista personal al ingeniero jefe de Calidad y Aseguramiento de Producto de ARSAT S.A.
- R., A. (9 de enero de 2019). Entrevista personal al ingeniero jefe de Proyecto de ARSAT-1.
- SCHOBER, E. (1996). Nahuel. The Regional Satellite System for the Americas. *Connect World*. Disponible en <https://connect-world.com/nahuel-the-regional-satellite-system-for-the-americas/>